

Леонид Ашкинази



Не пугайся, это – физика!

800 оригинальных задач

Ашкинази Л. А.

Не пугайся, это – физика!

800 оригинальных задач

УДК 530.1
ББК 22.31
А98

Ашкинази Л. А.

А98 Не пугайся, это – физика! 800 оригинальных задач. – М.: ДМК Пресс, 2022. – 292 с.: ил.

ISBN 978-5-93700-117-7

Это не совсем обычный задачник – в нем около восьмисот оригинальных задач по физике и около пятидесяти – как ни странно, по математике. Из задачников эта книга ближе всего к «задачам Петра Леонидовича Капицы» и задачнику Джирла Уокера «Физический фейерверк». Цель автора – показать, что физика – не только одна из основ прогресса, но что она сопровождает человека на каждом шагу в его повседневной жизни. Задачи именно такого стиля встречаются на серьезных олимпиадах и в международных исследованиях естественно-научных знаний (PISA, TIMSS). Задачи разнообразны по трудности, для начала анализа обычно достаточно знания школьного курса, для серьезного углубления потребуется больше. Некоторые задачи предложены друзьями и коллегами или возникли в ходе занятий с учениками.

Книга предназначена для всех, интересующихся физикой и ее применением для решения реальных задач, в том числе для школьников, студентов и преподавателей. Для задач в большинстве случаев приведены указания на пути, ведущие к решению, в некоторых случаях они разделены на несколько шагов, подобно классической книге П. В. Маковецкого «Смотри в корень!» и оригинальной по конструкции и весьма содержательной книге И. П. Иванова «Как ломаются спагетти, и другие задачи по физике». Однако такие указания приведены не везде, поэтому многие задачи могут быть использованы на экзаменах и олимпиадах. Отмечены задачи, которые могут быть использованы для компьютерного моделирования.

В приложении рассмотрены некоторые новые типы задач, часть из которых была предложена и опробована на практике автором. Задачи этих типов могут быть сформулированы не только по физике, но и по многим другим наукам, в которых вообще существует понятие «задача».

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но, поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 978-5-93700-117-7

© Ашкинази Л., 2021

© Издание, оформление, ДМК Пресс, 2022

Светлане К.

*Жизнь увлекательна, а иногда — прекрасна.
Как задачи по физике.*

Оглавление

Об этой книге и о задачах	5
Задачи	9
Механика	10
Термодинамика и свойства вещества	82
Электричество.....	126
Оптика	161
Немного математики	176
Советы, подсказки, решения	187
Механика	188
Термодинамика и свойства вещества	225
Электричество.....	246
Оптика	263
Приложение	269
Приложение 1. Новые типы задач	270
Задачи о реальном мире	270
Способность к обучению и работе	272
Межпредметные задачи.....	275
Невозможные задачи	279
Необычные миры	281
Бред материаловеда	283
На границе физики.....	284
На десерт – еще два типа.....	286
Приложение 2. Педагогизмы	289

Об этой книге и о задачах

*Сесть посреди Вселенной верхом на стул, да и показывать
на все подряд: вот задача, и вот, и вон тоже...*

Л. Хатуль

Эта книга для тех, кто хочет научиться или научить других физике так, чтобы применять ее в жизни, – в частности для решения инженерных задач (см. фото).



Сегодня преподавание в школе имеет в подавляющем большинстве случаев одну цель – чтобы школьники успешно писали срезовые (словечко-то какое жуткое) контрольные работы и сдавали ЕГЭ, в первую очередь обязательные; поэтому физике, по сути дела, иногда и не учат. Результаты ЕГЭ школьник понесет в вуз, эти результаты использует для оценки школы вышестоящий орган – с вытекающими для (а также из) школы последствиями. Поэтому школе, за редкими исключениями, не до того, как будет учиться человек в вузе, и тем более не до того, как он будет работать.

В вузе связь между общими и специальными кафедрами и курсами зачастую слаба, техническим дисциплинам приходится учить студентов, не знающих основ физики и не умеющих ее применять. Когда-то создателей физики и техники учили в вузах те, кто сами создавали физику и технику. Позже стала слабее та связь между вузами и «НИИ и КБ», которая обеспечила «золотой век физтеха», лучшие годы тогдашнего МИФИ и моего

бывшего МИЭМа. Не поэтому ли предпочитают некоторые выпускники псевдоэкономическое разглагольствование, подсчет рейтингов, изготовление презентаций да перекладывание бумажек со стола на стол и файлов – с компьютера на компьютер?

Можно ли сегодня изменить эту ситуацию? Быстро и существенно – нет; ситуация в образовании сильно связана с ситуацией в стране и обществе. Но кое-что сделать можно. Ученый и инженер в реальной жизни не цитируют определения и формулировки теорем, а решают задачи. Причем не сводящиеся к проставлению галочек в клеточках и не всегда сводящиеся к вычислениям по формулам. Первое и главное – определить, что именно работает в данном случае, какие эффекты есть вообще, какие из них значимы, как они переплетаются. При этом решение задачи до конца, «до числа» во многих случаях требует методов, школьнику неизвестных; но самое начало задачи, определение, что значимо, может быть вполне доступно. А это – необходимое начало решения множества серьезных задач.

Из задачников эта книга ближе всего к «задачам Петра Леонидовича Капицы» и задачнику Джирла Уокера «Физический фейерверк» (редактором издания на русском языке был я). Задачи, которые приведены ниже, предназначены для того, чтобы показать физику при опоре на школьный или почти школьный аппарат. Они разнообразнее, чем те, к которым вы, скорее всего, привыкли, и не упорядочены по сложности – а в большинстве задачников такая упорядоченность есть. Оставляя в стороне очевидные рассуждения о сложности понятия «сложность», заметим, что в реальной ситуации важно умение оценить сложность и разобрать задачу по уровням сложности, по «приближениям».

Многие задачи имеют отчетливый инженерный привкус, и это не случайно – физик должен уметь решать задачи, принесенные ему инженером. Да и сам инженер должен уметь мыслить «физично». Что опаснее для моста, который я проектирую и строю? – ветер, волны, машины, коррозия металла, злоумышленники? Другая особенность – наличие небольшого количества вообще не физических, а математических задач, собранных в отдельный блок. Это «мастерский произвол», как говорят в ролевом сообществе. Если уж пришла в голову забавная задача – не выкидывать же ее? Впрочем, часть этих математических задач вполне могут считаться и физическими.

Задачи в этом сборнике можно разделить на несколько типов по части формальности, «школьности». Есть задачи чисто школьного типа, когда сразу ясно, «из какого раздела» и «на какой закон» данная задача. В такой задаче даже не всегда хочется спрашивать, какие факторы и процессы играют роль, какова точность полученного решения, чем мы пренебрегли и т. д. Соответственно, сама задача изложена предельно кратко, а вместо указания на переплетение процессов вас встретит фраза «ничего, кроме

законов Ньютона». Впрочем, педагог при желании почти всегда сможет эти задачи развить, спросив, чем пренебрегли и какова точность, а иногда и что-то более хитрое, например попросив проверить единственность и устойчивость решения или перейдя от рассмотрения статики к рассмотрению динамики в окрестности положения равновесия.

Углубление и развитие задачи – нормальное занятие для физика, правильное занятие для творческого педагога и увлеченного ученика. В менее «школьных» задачах иногда спрашивается, какие факторы и процессы влияют, иногда это считается очевидным – и вы всегда имеете возможность задуматься, так ли это очевидно, не накосячил ли автор. Ученики неоднократно радостно ловили меня на ошибках; это правильное и обоудополезное занятие (что я им всегда и говорю). В таких задачах в качестве «советов и рекомендаций» может приводиться несколько уровней погружения в задачу. В книге есть несколько особенно длинных задач, переплетенных с теорией; у них после номера есть специальное указание на это травмирующее обстоятельство. Задачи такого типа могут эффективно использоваться для диагностики способности к обучению; рассмотрению некоторых других новых типов задач посвящено одно из приложений.

Деление на разделы традиционно, хотя во многих случаях отнесение задачи к конкретному разделу некорректно. Ничего личного – так устроена наша вселенная; и, насколько я знаю, вообще Вселенная. Нумерация задач в каждом разделе своя. Целесообразность предложения интересующимся учащимся компьютерного моделирования указана соответствующей осторожной фразой.

А теперь – цитата!

Все компьютеры в мире ничего не изменят без наличия увлеченных учащихся, знающих и преданных своему делу преподавателей, неравнодушных и осведомленных родителей, а также общества, в котором подчеркивается ценность обучения на протяжении всей жизни.

Билл Гейтс

Прочтите эту фразу внимательно, поищите в ней себя и общество, в котором живете, сделайте выводы и примените их на практике – как мы каждую минуту применяем законы физики.

Автор благодарен своим многочисленным ученикам – их участие в занятиях придавало смысл преподаванию, то есть примерно трети жизни вообще. И особенно благодарен всем, кто задавал вопросы, – в тексте они кое-где названы. Несколько лет назад у меня в одной из групп была очень сильная девочка. И как-то раз, в момент, когда все выскочили из аудитории, а она задержалась, я спросил: «Вам, наверное, немного скучно и не

очень это надо? Но я не могу – из-за остальных, вы ж понимаете – поднять уровень так, как это нужно для вас». Девушка ухмыльнулась и изрекла: «К вам ходят не те, кому надо, а те, кому больше всех надо». Так поднимем чашки и кружки с Earl Grey и Sumiyaki за то, чтобы всегда были те, кому больше всех надо. И чтобы мы могли делать для них что-то полезное и интересное.

Как выразился Виктор Пелевин (редактором трудов которого на заре его биографии мне довелось быть), мы посвящаем созданную этим текстом заслугу благу всех тех живых существ...

...кто задавал мне вопросы, терпеливо ждал ответа, шел к нему вместе со мной, радовался найденному и правильно воспринимал то, что не на все вопросы есть ответы – и у меня, и вообще в сегодняшней физике.

Механика

m1. Через блок перекинута веревка с двумя грузами. Найдите их ускорения, проанализируйте все обычные допущения о блоке и веревке, то есть укажите, где и как именно используются допущения. Это классическая задача, но полный анализ обычно не делается. Действительно ли необходима нерастяжимость веревки? Что имеют в виду, когда говорят «блок без трения»? Всегда ли это важно? Имеет ли значение, и когда именно, масса веревки? А масса блока?

Рассмотрите эту задачу, когда блок и грузы погружены в жидкость без вязкости. Уточните для этого случая условия, которым должна отвечать веревка.

Рассмотрите эту задачу, если в начальный момент веревка мгновенно отвердевает, то есть делается жесткой. То же – если не в начальный момент.

m2. Имеется прямой круговой конус, его ось вертикальна. В горизонтальной плоскости, касаясь конуса, вращается кольцо. Угол при вершине и коэффициент трения даны. В каком диапазоне угловых скоростей кольцо не будет перемещаться по вертикали?

m3. Баскетболисты применяют следующий метод увеличения высоты прыжка при забросе мяча в корзину. Мяч бросают об пол так, чтобы при отскоке он достиг корзины, баскетболист прыгает вверх без мяча, а наверху ловит мяч и укладывает его в корзину. Сильно ли может быть увеличена высота прыжка этим способом? А если бросать мяч после прыжка, во время полета?

Интересно компьютерное моделирование.

m4. Почему «поют» рельсы? (Автор задачи – Алла К.)



m5. Требуется сконструировать электрокамин с заданными габаритами и весом, стоящий на полу с известным коэффициентом трения и опирающийся на пол всей нижней плоскостью. Форма камина – прямоугольный

параллелепипед, центр тяжести находится в центре. Где и как можно и нельзя располагать на его поверхности выключатели следующих типов: кнопка с заданным усилием нажатия, тумблер с заданным усилием переключения, переключатель с заданным моментом переключения (тумблер и переключатель могут быть ориентированы по-разному)?

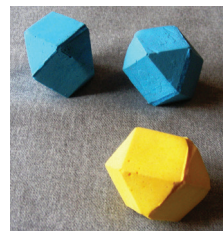
Интересно компьютерное моделирование.

m6. Известна задача: что весит больше – килограмм гвоздей или килограмм ваты? Известны и некоторые рассуждения на эту тему. А теперь рассмотрите вопрос, учтя различие понятий веса и массы, архимедову силу, различие «геометрического» и истинного объемов (первый – это объем коробки, в которую можно положить, не уминая), зависимость проникновения среды в зазоры от размера зазоров и свойств среды.

m7. Ударный трансформатор Гюйгенса – желоб, по которому без трения скользят массы. По крайней мере наносится удар фиксированной массой, движущейся с фиксированной скоростью. Пренебрегая сопротивлением воздуха и считая все соударения абсолютно упругими, оптимизируйте промежуточные массы в трех вариантах – для достижения максимума кинетической энергии последнего тела, максимума его импульса, максимума его скорости.

Интересно компьютерное моделирование.

m8. По плоскости катится многогранник с разными гранями, как на фото. В каких пределах может изменяться вероятность остановки на конкретной грани? Оцените вероятность остановки на конкретной грани. Можно начать с двумерного варианта.



Интересно компьютерное моделирование.

m9. Равновесие «устойчиво в малом», если при отклонении от него энергия системы растет, то есть – в механике – если возникает сила, направленная к положению равновесия. Сопоставьте это определение со школьным: «Равновесие устойчиво, если вертикаль, опущенная из центра тяжести, не выходит за площадь опоры». Одинаково ли «работают» эти определения на плоской (горизонтальной и наклонной), вогнутой и выпуклой поверхностях?

m10. Определите период колебаний прямого желоба со скользящим внутри него без трения и упруго отражающимся на концах телом. Середина желоба закреплена в шарнире без трения.

Интересно компьютерное моделирование.

m11. Клин лежит на горизонтальной плоскости, и с двух его сторон соскальзывают два тела. Массы, углы, начальные высоты даны, трение отсутствует. Найдите скорости клина и тел после соскальзывания.

Интересно компьютерное моделирование.

m12. Выведите законы Паскаля из свойств жидкости.

m13. Известен следующий анекдот:

Летят две вороны на дозвуковой скорости:

- Стена!
- Вижу. – Шмяк-шмяк.

Летят две вороны на сверхзвуковой скорости:

- Стена! – Шмяк.
- Вижу. – Шмяк.

Летят две вороны на гиперзвуковой скорости: шмяк-шмяк.

- Вижу.
- Стена!

Задача: два дрона летят, приближаясь к неподвижной бесконечной плоской поверхности. Заданы начальные координаты, скорости, предельные скорости и ускорения, а также расстояние, с которого дрон замечает преграду. Определите области значений параметров, при которых столкновения могут избежать оба; при которых столкновения сможет избежать только один; при которых столкновения не смогут избежать оба. Обмен информацией сначала считать мгновенным, потом можно ввести фиксированную задержку (время обработки сигнала), затем время передачи собственно сигнала (например, акустического под водой).

Интересно компьютерное моделирование.

m14. Единственная сила действует в течение некоторого небольшого времени на тело. В одном случае сила приложена в центре масс, в другом – вне этого центра. Одинаковая ли производится работа? Одинаковая ли кинетическая энергия оказывается у тела?

m15. В вертикальный сосуд диаметром D налита на высоту H_1 жидкость с плотностью ρ_1 и на H_2 – жидкость с ρ_2 . В сосуд вводят цилиндр диаметром d , высотой l и плотностью ρ_0 . В предположении, что $d \ll D$, пренебрегая капиллярными явлениями и вязкостью и полагая, что цилиндр может располагаться только вертикально:

- 1) найдите период малых вертикальных колебаний при $\rho_1 < \rho_0 < \rho_2$;
- 2) определите в зависимости от соотношения ρ_0, ρ_1 и ρ_2 положения равновесия цилиндра и укажите их устойчивость;
- 3) опишите движение цилиндра при нулевой начальной скорости, различных начальных положениях цилиндра и в зависимости от соотношения ρ_0, ρ_1 и ρ_2 ;
- 4) как изменится картина явлений при отказе от положения $d \ll D$?
- 5) попробуйте найти ситуации, когда положение равновесия устойчиво при смещении в одну сторону и неустойчиво (или безразлично) при смещении в другую. Подсказка – используйте три слоя жидкости.

m16. Тело начинает соскальзывать с наклонной плоскости. Коэффициент трения изменяется периодически вдоль направления движения тела по плоскости с периодом L , причем в первой половине периода он равен нулю, а во второй – K_2 . То же на горизонтальной плоскости при наличии начальной скорости.

1. Определите зависимость расстояния, которое тело пройдет до остановки, от массы тела, угла наклона, периода L и коэффициента трения K_2 .
2. Изменится ли ответ, если в некоторый момент на тело будет сверху положено другое тело с нулевой относительной скоростью?
3. Что будет, если «половинки» периода не одинаковы?
4. Каков будет ответ, если коэффициент трения в первой половине периода K_1 ?
5. Рассмотрите движение тела при коэффициенте трения, периодически изменяющемся со временем.

Интересно компьютерное моделирование.

m17. На наклонную плоскость (см. фото) падает снег. Будет ли он на ней задерживаться? (Автор задачи – Дина А.)

m18. Летящий шар пробивает покоящийся шар много большего диаметра на заданном расстоянии от центра. Считая массы, радиус, прицельное расстояние, начальную скорость и силу трения при перемещении малого тела внутри большого известными, оцените приобретаемые большим шаром импульс, кинетическую и тепловую энергии, угловую скорость и компоненту скорости, перпендикулярную начальной скорости.



m19. Исследуйте прямой нецентральный удар шаров – абсолютно упругий, абсолютно неупругий, при фиксированном коэффициенте трения. Исследуйте косой удар шаров – абсолютно упругий, абсолютно неупругий, при заданном коэффициенте трения.

m20. В некоторых типах веревок (по крайней мере – всех, изготовленных из естественных волокон) длина всей веревки бывает больше длины отдельных нитей. Почему они (и крученые, и плетеные, и комбинированные, см. фото) не рассыпаются? На крученой нити подвешен груз – мокрый чайный пакетик; как он будет вращаться? (Автор второго вопроса – Алла К.)



m21. С высокой башни сброшена сфера, внутри которой находится шар. Где он будет находиться при приземлении сферы? А если сфера заполнена не воздухом, а жидкостью? А если в ней вакуум?

m22. Какую мощность надо вводить в пылесос, чтобы он взлетел за счет реактивного действия струи воздуха? Тот же вопрос для электрочайника – за счет струи пара? Вектор тяги считать управляемым.

m23. На жестком невесомом стержне подвешена материальная точка. Стержень может вращаться в вертикальной плоскости, делая полный оборот, в узле вращения трение отсутствует. В нижнем положении материальной точке придают скорость, при которой кинетическая энергия равна приращению потенциальной при подъеме в верхнюю точку. Достигнет ли тело верхней точки?

m24. Тело находится на плоскости с известным коэффициентом трения, на него действует сила, направленная под углом к горизонту. Найдите минимум силы, достаточной для движения.

m25. Внутри кольцевого барабана стартует из нижней точки тело, скорость направлена по касательной к окружности, трение отсутствует. Найдите зависимость максимальной высоты подъема тела от скорости во всем диапазоне. Попробуйте рассмотреть ситуацию при трении – малом, но не равном нулю.

m26. В некотором мире 1-я, 2-я, 3-я и т. д. секунды делятся $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$ и т. д. секунды по нашим часам. Сколько времени просуществует этот мир по своим часам и по нашим? В некотором мире размеры всех предметов пропорциональны $R_2 - r_2$, где r – расстояние предмета от выделенной точки (центра), R – константа. Каковы размеры этого мира по его внутренним линейкам, и каков его радиус для внешнего наблюдателя?

m27. Мой хороший знакомый, Джеймс Бонд, на автомобиле прыгает с трамплина. Будет ли автомобиль в полете сохранять то положение, в котором он покинул трамплин?

m28. Из двух точек на горизонтальной плоскости стартуют два тела и двигаются без трения. Столкновения абсолютно неупругие. В каких точках могут остановиться тела? Какие для этого нужны начальные условия (координаты, скорости, массы)? То же для трех точек? То же для произвольного количества точек? То же для произвольного количества точек в пространстве без гравитации? А ведь можно еще сделать плоскость наклонной, а в пространстве – подключить гравитацию (только тогда надо заменить «остановиться» на «обнулить скорость после столкновения»).

m29. Имеется стопа из одинаковых тетрадей. Как надо двигать одну из них, чтобы двигалась только одна? Как надо двигать одну из них, чтобы двигалась часть? Как надо двигать одну из них, чтобы двигались все? Эти же три вопроса, если мы задаем не скорость управляемой тетради, а прило-

женную к ней силу. Прочность тетрадей считать бесконечной, коэффициенты трения – тетрадей по столу и тетрадей друг по другу – и вес тетрадей считать известными. На практике может потребоваться определить, как надо двигать, чтобы выдернуть, не обрушив остальные, – это другая, более простая задача.

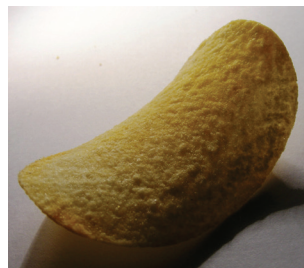
m30. Известна задача: при каком коэффициенте трения три бревна, касающихся плоскости и друг друга попарно, раскатываются? А в какой ситуации они будут «расскальзываться»?

m31. Известная задача статики – балка висит на двух тросах, найти натяжения. А если на трех? Как решить эту статически не определимую задачу? А если на четырех?

Интересно компьютерное моделирование.

m32. Известна задача: определить положения равновесия и их устойчивость для стержня с шарниром без трения посередине и двумя массами на концах в поле гравитации Земли. Рассмотрите задачу без учета и с учетом силы Архимеда.

m33. Имеется седлообразная поверхность, показанная на фото, сечения – параболы. Вдоль какого направления равновесие безразлично?



m34. Тело известной массы, двигающееся с известной скоростью, после абсолютно упругого соударения отклонилось на некоторый известный угол. Что можно сказать о теле, с которым оно соударилось?

m35. Известно, что тело, соскальзывающее без трения и без начальной скорости с полусферы, отделяется, опустившись на треть радиуса (и далее летит по параболе). Как должен быть устроен коэффициент трения, чтобы тело соскользнуло с полусферы, вообще не отделяясь от нее? Возможно ли это практически? А если начальная скорость не ноль?

m36. Обычные определения абсолютно упругого и абсолютно неупругого удара нелогичны – в качестве признаков указаны значения разных параметров: ноль потерь кинетической энергии и ноль разности скоростей. Иногда вводится «коэффициент удара» – отношение разности скоростей шаров после соударения к разности скоростей шаров до соударения, и говорится, что если этот коэффициент – ноль, то соударение абсолютно неупруго, если один – абсолютно упруго. Иногда вводится «коэффициент восстановления» – когда одна из масс велика и неподвижна. Исследуйте согласованность всех определений.

m37. На горизонтальную поверхность по одной вертикали без начальных скоростей падают два шарика. Пренебрегая сопротивлением воздуха

и считая все соударения абсолютно упругими, определите, на какую максимальную высоту может подпрыгнуть шарик. Утверждается, что можно так подобрать начальные условия, что высота будет в девять раз больше начальной. А какова ситуация для трех шариков? Иногда утверждается, что можно так подобрать начальные условия, что высота будет в пятьдесят раз больше начальной. А если шариков неограниченно много?

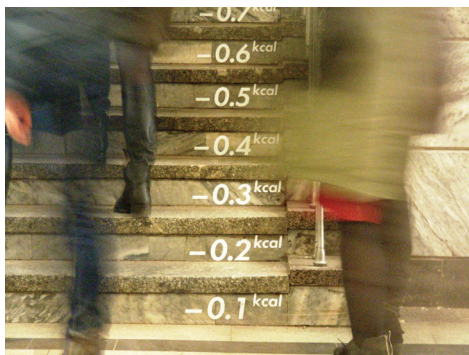
Интересно компьютерное моделирование.

m38. Есть ли вес у тела, падающего в воздухе?

m39. Какую скорость должна иметь муха, чтобы при абсолютно неупругом столкновении остановить паровоз? Сильно ли при этом нагреется паровоз? Считайте, что вся механическая энергия переходит в тепло, процесс адиабатический, нагрев паровоза равномерен, машинист, увидев такую муху, на всякий случай выскочил. Какие процессы на самом деле будут при этом происходить? Где происходят события, и как машинист увидел муху?

m40. По плоской поверхности катится кольцо из веревки или цепи. Оцените скорость уменьшения скорости. При какой скорости кольцо потеряет форму окружности?

m41. Какую массу имел в виду автор надписей на ступеньках в метро (см. фото)?



m42. Приспособление для стирания с доски (поролон, обернутый тряпкой) «примагничивается» к доске, поскольку доска железная, а под тряпкой находится полоска из намагниченного материала (постоянный магнит). Понятно, что сила, необходимая для отрыва от доски, если тянуть перпендикулярно, не зависит от положения – см. фото. А при каком положении приспособление раньше отвалится от доски под действием собственного веса, если намагниченность начнет ослабевать? А если вес – расти? Трение считать достаточным для отсутствия скольжения. Кстати, в Высшей школе экономики приспособлений для стирания не хватает, преподаватели повадились таскать бумагу из туалета и вытирать доски ею, и в одном из женских туалетов висит объявление – см. фото. Интересно, почему его повесили именно в женском?



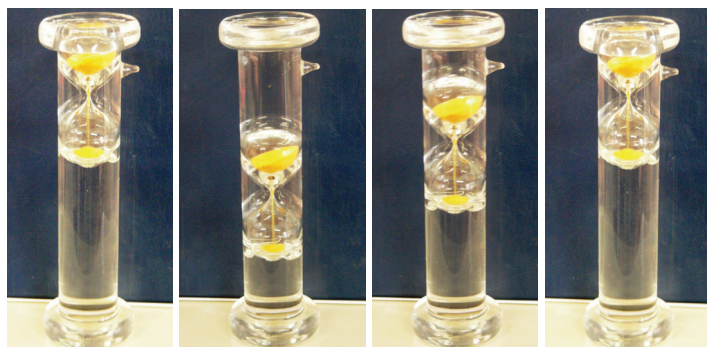
m43. Тело известной массы надо поднять на веревке известной прочности на известную высоту. За какое время это может быть сделано? Тело известной массы надо спустить на веревке известной прочности с известной высоты. За какое время это может быть сделано?

m44. Изменяется ли вес, когда человек вдыхает? А когда выдыхает? Изменяется ли вес воды при замерзании? Льда при плавлении?

m45. Тело известной массы скользит по кольцу известного радиуса, лежащему в плоскости, наклоненной под известным углом к горизонту, скорость в данный момент известна. Определите силу, действующую на тело со стороны кольца, если трения нет и если оно есть.

m46. Тело известной массы стартует из нижней точки кольца известного радиуса, лежащего в плоскости, наклоненной под известным углом к горизонту, и скользит без трения. Определите силу, действующую на тело со стороны кольца.

m47. Песочные часы помещены в цилиндр с водой, закрытый крышками с обоих концов, и покоятся у верхней крышки. Если перевернуть цилиндр, часы начинают всплывать, пока не упрутся в верхнюю крышку, как показано на фото. При этом песок пересыпается в процессе всплытия, а прекратить пересыпаться может, и когда они уже уперлись и остановились (как в реальном устройстве), и в процессе всплытия. Влияет ли пересыпание на скорость всплытия? Влияет ли пересыпание на давление часов на крышку (в первом случае)?



m48. Тело стартует с начальной скоростью и въезжает по наклонной плоскости. Как должен зависеть от координаты коэффициент трения, чтобы зависимость скорости от координаты, а не от времени, была линейна?

m49. Автобус движется с некоторым ускорением, масса пассажира, прочность петли, коэффициент трения петли о трубу и пассажира о пол известны, угол варьируемый. Определите возможные ускорения автобуса. Ситуация показана на фото.



m50. На двух непараллельных невесомых нерастяжимых нитях висит материальная точка. Одна из нитей обрывается. Определите натяжение второй нити непосредственно после обрыва. Уточните понятие «непосредственно».

m51. К телу массы M через нерастяжимую нить прочностью N приложена единственная сила F . При каких условиях нить порвется? Тот же вопрос, если не дана сила F , а сказано, что конец веревки внезапно начал двигаться со скоростью V ? Те же два вопроса, если веревка имеет жесткость (отношение силы к удлинению) K ? Те же четыре вопроса, если тянущее устройство имеет мощность P , то есть создает F и V , удовлетворяющие условию $FV = P$.

m52. На наклонную плоскость, угол наклона и коэффициент трения которой даны, падает тело, которое соударяется с ней не вполне упруго – так, что обнуляется только нормальная компонента скорости. Как будет двигаться тело? А если обнуляется только касательная?

m53. Квадратный в сечении (для простоты) стакан с водой опущен в кастрюлю с водой. Количества воды такие, что стакан покачивается, опираясь на дно одним из ребер. Определить угол наклона и период малых колебаний. Толщиной стенок и весом стакана пренебречь. Сначала рассмотрите ситуацию, когда в стакане не вода, а лед. Температуры льда и воды одинаковы.

m54. Рассмотреть прямой центральный удар двух тел, соударяющихся не непосредственно, а через пружину с заданной жесткостью, преобразующую в тепло известную долю энергии упругой деформации. Выразите результаты удара через эти параметры, попробуйте связать их с понятиями абсолютно упругого и абсолютно неупругого удара.

m55. Что произойдет, если сменится знак тяжелой массы? Если сменится знак инертной массы? Если сменится знак и инертной, и тяжелой масс? А если в мире будут наличествовать тела нескольких типов? Рассмотреть поведение двух гравитационно взаимодействующих свободных тел и тел, соединенных реальной или идеальной пружиной.

m56. При чтении лекции и пользовании доской (которая «доска и мел») систематически наблюдалось явление: отшелушившаяся от куска мела порошок размером 1–2 мм скользит по доске на протяжении 10–20 см, не отделяясь от нее. Человеком это воспринимается как нечто странное. Почему это так воспринимается? Почему падение в данном случае происходит в режиме скольжения?

m57. На горизонтальной плоскости лежит куб, на одну из нижних его точек действует горизонтальная сила, меньшая максимальной силы трения покоя. Рассмотрите равновесие относительно вращения вокруг вертикальной оси.

m58. При какой скорости ветер поднимает песчинки?

m59. Неоднократно наблюдалось, что открытая дверь закрывается «сама», но не сдвигается, если ее остановить в промежуточном положении. Почему?

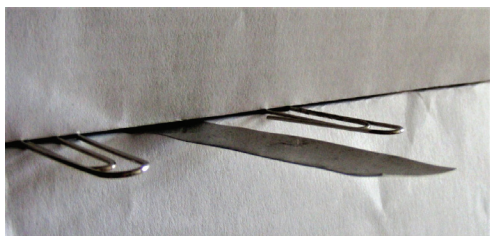
m60. Плоский камень подлетает к идеально ровной поверхности воды под некоторым малым углом. Найдите число отскоков.

m61. Оцените влияние асимметрии монет за счет различия аверса и реверса на вероятности выпадения сторон.

m62. Почему ночью иногда съезжает одеяло в пододеяльнике?

m63. Найдите зависимость полного времени бритья от скорости движения электрической бритвы. Рассмотрите разные модели бритв – с колеблющимися ножами, с вращающимся ножом, с торцевыми головками.

m64. Определите напряжения в материале при изменении температуры биметаллической пластинки, если изгиб запрещен и если разрешен. Найдите радиус изгиба (при его разрешении). На фото такая пластинка до нагрева и при нагреве, огонек зажигалки виден внизу.



m65. Можно ли использовать для получения электроэнергии перепад высот между Средиземным и Мертвым морями? Какова может быть мощность такой электростанции при экологических ограничениях?

m66. При вращении планеты вокруг звезды или спутника вокруг планеты во вращающейся массе возникают механические напряжения. Вычислите их и определите критическое расстояние (радиус сферы Роша), при приближении на которое планета будет разорвана, как на фото. Рассмотрите ситуации жидкой планеты (без прочности) и твердой. Оцените радиус сферы Роша для систем Земля–Луна, Солнце–Меркурий. Под каким углом будут наблюдаться тела на границе сферы Роша с поверхностями друг друга (при обычной средней плотности вещества)?

Интересно компьютерное моделирование.



m67. Каково должно быть устройство женской сережки для генерации максимальной привлекательности (максимальная частота колебаний, максимальная площадь) при ограничении на вес? Какова длительность вспышки света (блика) от сережки? Должны ли отличаться цепочки на запястье и на лодыжку?

m68. Ширина дверного проема L . Размер двух одинаковых дверей A , $2A > L$, поэтому при попытке закрытия двери упрутся друг в друга. Высота двери H , толщина B , модуль Юнга материала E . Какое нужно усилие, чтобы закрыть дверь? При какой разности давлений воздуха по обе стороны двери она открывается? Если $2A < L$, какую вставку надо использовать? Сформулируйте критерий эффективности вставки, учтите роль трения.

m69. Деревянная декоративная планка привинчена несколькими шурупами к пластмассовым пробкам, вбитым в стену. Замечено, что один из шурупов вывинчивается примерно на 1 см за неделю, выходит из пробки и перестает вывинчиваться, явление повторялось многократно. Объясните наблюдаемое явление. (Наблюдение Владимира Ш.)

m70. Объясните работу заковки, имеющей два устойчивых положения деформируемого элемента – П-образной металлической пластины, у которой ножки буквы П сближаются, накладываются концами и там соединяются, как показано на фото.

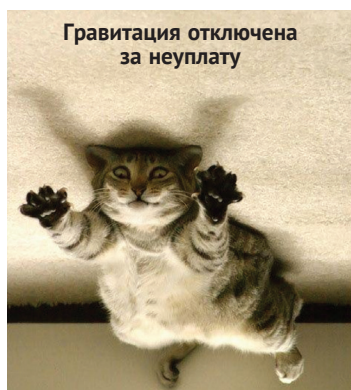


m71. Задумайтесь о судьбах мира и об оптимальной форме весла с уключиной. Встречается такое исполнение – палка с двумя расширениями – лопасть и участок около уключины, «валёк». Зачем лопасть, понятно, а зачем второе расширение, и где его надо делать?

m72. Если положить на два горизонтальных параллельных пальца линейку и сдвигать пальцы, они сойдутся посередине. А что произойдет, если раздвигать? А если линейка неоднородная?

m73. Для изготовления полупроводниковых схем слиток кремния режут на подложки – тонкие, а потому легкие диски (у кремния и плотность-то не очень высока). Если такой диск положить на стол и несильно толкнуть в ребро, он скользит по столу, но иногда при примерно одинаковых толчках останавливается через 5–10 см, а иногда – через 50–100 см, причем во втором случае скользит почти равномерно, а в конце пути резко, на 5–10 см сбрасывает скорость. Почему?

m74. В половине комнаты гравитационное поле есть, в половине нет. По полу скользит кирпич и пересекает границу. Как он будет себя вести? Что неправильно на фото? Считайте, что поле действует только на кирпич, а на воздух не действует, или что в комнате вакуум.



m75. Известно, что забитый в дерево шуруп (см. фото) вытащить труднее, чем винченный гвоздь. Всегда ли и почему? А что вы скажете про забитый болт?



m76. Если верить литературе, то новичкам-подводникам демонстрируют, что такое глубина, так: между бортами подлодки натягивают нитку, которая провисает после погружения. Оцените толщину корпуса подлодки, если при погружении на 100 м нитка провисает на 3 см.

m77. Почему иногда возникает звук при поцелуе? В каких именно ситуациях?

m78. В реку брошена палка, у которой центр тяжести смещен от середины. Как она будет себя вести?

m79. Мыло, уроненное в ванну моющимся под душем человеком, иногда вылетает из нее. Оцените коэффициент трения и наклон стенок ванны.

m80. Оцените силу удара при наступании на грабли. Придумайте менее опасные грабли (один известный пример на фото). (Соавтор задачи – Анатолий Д.)



m81. Оцените давление при столкновении птицы с самолетом и замороженной птичьей тушки – со скоростным поездом (первое случается, второе – якобы случилось однажды при испытаниях, когда в пушку зарядили по ошибке не тушку курицы, а замороженную тушку).

m82. Рассмотрите возможную технологию круглосуточного наступления конницы (согласно некоторым данным, так наступали войска Чингисхана). Считайте, что лошадь может скакать со спящим всадником, что для управления табуном достаточно некоторого (относительно незначительного) количества бодрствующих всадников, что лошадь без всадника может поддерживать большую скорость, чем с всадником, или ту же, но в течение большего времени.

Интересно компьютерное моделирование.

m83. При каком характере движения вагона и каких свойствах трения тело, лежащее на полу, при начале движения вагона начнет двигаться вперед (назад) по ходу в системе координат вагона?

m84. Оцените время жизни двойного астероида (один астероид вращается вокруг другого), которое ограничено столкновениями с другими астероидами.

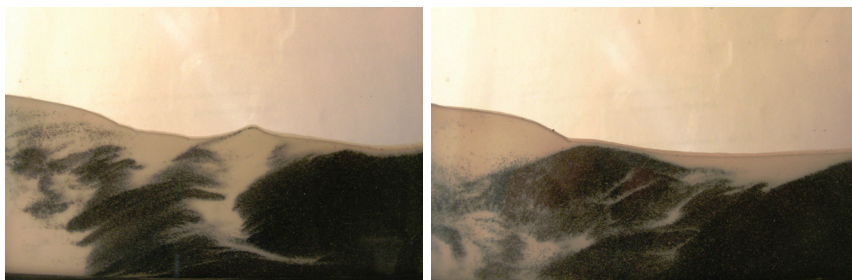
m85. Оцените максимальное количество еды на тарелке как функцию диаметра тарелки и параметров еды (плотности, прочности и других параметров) – для однокомпонентной и многокомпонентной еды.

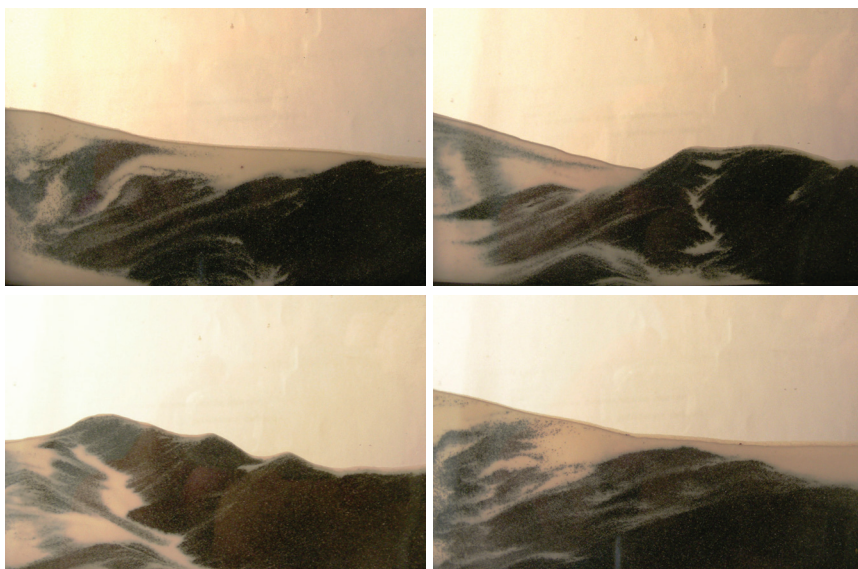
m86. Определите угол естественного откоса – угол наклона сторон кучи при высыпании одинаковых частиц: песка, зерна и т. п.

m87. Какая доля граждан в толпе может поджать ноги и не упасть? Размеры людей обычные, коэффициент трения и модуль Юнга даны, люди друг за друга не держатся.

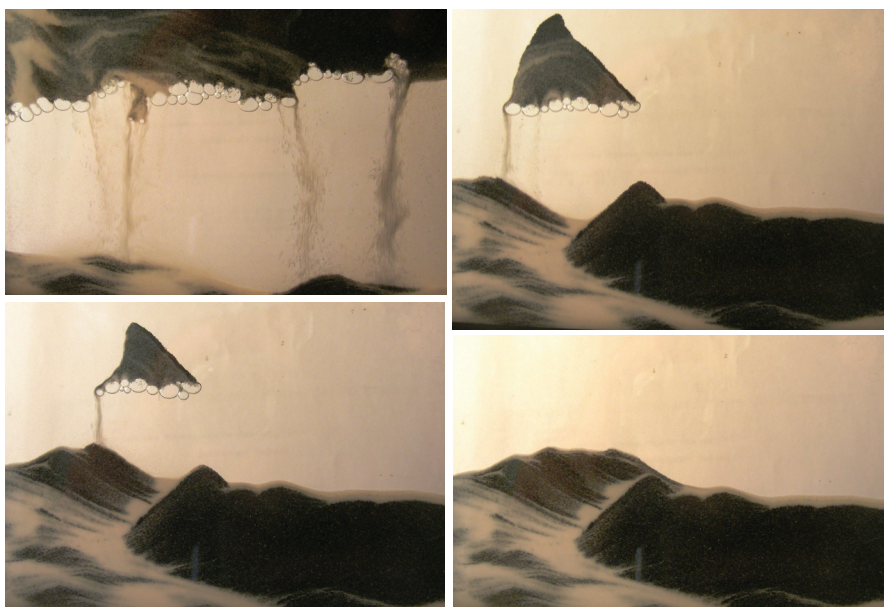
m88. Устойчиво, безразлично или неустойчиво равновесие шара на плоскости? Проанализируйте механизм трения качения, вычислите коэффициент трения качения покоя и движения.

m89. Каков частично стохастический механизм работы «песчаных картин» – см. фото? Каковы характерные элементы формирующихся картин и механизм их образования?





m90. Каков механизм попадания воздуха в «песчаные картины» – см. фото?



m91. Почему режет нож? Зачем его двигают? Почему нож гильотины косой? Почему, пользуясь шилом, его вращают?

m92. Бутылку с жидкостью, имеющую горлышко известного диаметра, быстро перевернута. Будет ли из нее вытекать вода, и как? В отличие от обычной ситуации, в доннышке бутылки имеется отверстие.

m93. Дан рельеф на участке между одним из зданий моей alma mater – бывшего МИЭМа – и метро «Китай-город». Теоретически определите значение коэффициента трения, при котором возможно скольжение со стартом у МИЭМа и финишем у входа в метро, определите скорость на финише. Рассмотрите обратную задачу – при заданных коэффициенте трения, скорости на финише и ограничениях на ускорение и скорость определите рельеф. Рассмотрите прямую и обратную задачи на подмножестве кусочно-ломаных траекторий, в том числе из двух участков.

Интересно компьютерное моделирование.

m94. Межконтинентальная баллистическая ракета имеет два двигателя. Основной (так называемый «маршевый») поднимает ее на высоту 50 км и разгоняет до скорости 10 км/с. Далее ракета пролетает по инерции 10 000 км за 17 мин («подлетное время»). Точность наведения на цель составляет не более 200 м – из-за влияния неустойчивости исходной температуры горючего и тяги и влияния атмосферы. Поэтому на последнем стокилометровом участке траектории включается «двигатель подруливания», обеспечивающий более точное поражение цели.

1. Считая, что масса ракеты при старте и в конце полета известна (данные оцените сами или возьмите из интернета), определите тягу маршевого двигателя.
2. Укажите соотношение двух компонентов энергии в конце подъема.
3. Найдите тягу двигателя подруливания.
4. Какую максимальную скорость истечения продуктов сгорания может иметь двигатель, сжигающий бензин с теплотворной способностью 40 МДж/кг?

m95. Шар брошен вертикально вверх. Время подъема или падения будет больше?

m96. Маятник колеблется в подвесе с сухим трением. В каком диапазоне углов он может остановиться? Где он остановится?

Интересно компьютерное моделирование.

m97. Есть детский стишок про, кажется, мышонка, который упал в емкость со сметаной, барахтаясь, сбил из сметаны масло и выбрался из емкости.

Вопрос: как он это сделал, установите параметры ситуации. Проблема в том, что при сбивании масла из сметаны остается, естественно, вода, в которой он должен был утонуть не хуже, чем в сметане. (Автор задачи – Светлана К.)

m98. Найдите максимальную скорость покидания Солнечной системы «солнечным парусом» в зависимости от координат точки старта и параметров паруса.

m99. Предположим, что нам нужно изменить значение некоего параметра некой системы с одного на другое. Например, изменить положение резца токарного станка, температуру в печи, скорость железнодорожного состава и т. д. Процесс изменения параметра может происходить монотонно, а может – в колебательном режиме: то есть сначала параметр изменяется слишком сильно, останавливается, возвращается, опять перескакивает через нужную точку, возвращается и, сделав несколько колебаний, успокаивается. Для того чтобы изменение началось, требуется вложить некоторую энергию. При изменении механического параметра это будет кинетическая энергия перемещаемой массы. Долю энергии, превращающуюся в тепло при изменении параметра от одного значения до другого, будем называть коэффициентом затухания. Введите определение времени перестройки, покажите, что максимально быстрая перестройка осуществляется при средних значениях коэффициента затухания. Оцените оптимальное значение коэффициента затухания для механических гармонических колебаний.

Историческая справка. Задача сформулирована при наблюдении техники питания Мариной А. и Диной А. Первая из них была сконструирована с большим демпфированием в механо-психологическом канале, и она наводилась на цель в аperiodическом режиме, то есть, обнаружив в поле зрения маму с молоком, плавно поворачивала голову. У второй демпфирование в механо-психологическом канале было меньше, рот проскакивал мимо соска, и ей приходилось возвращаться, то есть наблюдался колебательный режим. Автор благодарен Марине А. и Дине А. за благосклонное отношение к наблюдению.

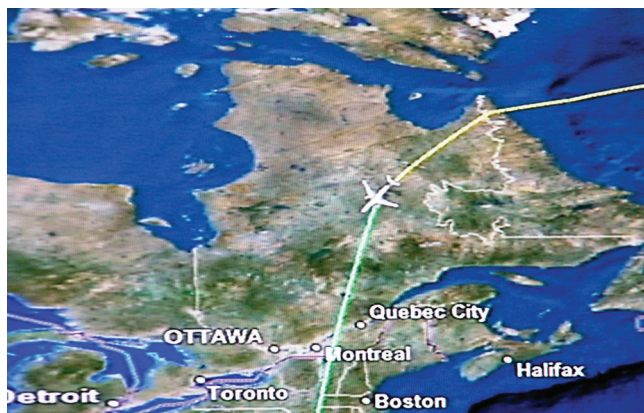
m100. Как надо расположить три гвоздя, вбитых в стену, чтобы накинутая веревочная петля с грузом создавала на них одинаковые усилия? Тот же вопрос для другого количества гвоздей.

m101. Кот открывает дверь, встав на задние лапы и упираясь передними в дверь. Считая кота жестким однородным стержнем, определите оптимальный угол наклона.

m102. С какой скоростью вылетят гвозди из дерева, если исчезнет трение? А если уменьшится до некоторой заданной величины? А болты из отверстий? А болты из гаек? Что использовали бы вместо всего этого в мире без трения?

m103. На табло в салоне самолета (см. фото) отображаются, кроме всего прочего, скорость ветра и скорость самолета относительно земли. Если направление ветра неизменно, а изменилась только его скорость, то сколько пар значений скоростей самолета и ветра надо, чтобы определить направление ветра и полета самолета? А что можно определить, если отображается и направление полета самолета относительно земли?

Time to Destination	2:15	Altitude	34000 ft
Local Time at Origin	8:20 PM	Ground Speed	529 mph
Local Time at Destination	12:20 PM	Outside Air Temperature	-43 °F
Estimated Time of Arrival	2:35 PM	Head Wind	6 mph
Distance Traveled	3890 mi		



m104. Сумка на боку должна быть прижата к боку владельца всей боковой поверхностью. Считая сумку жестким параллелепипедом, а бок владельца – вертикальной плоскостью, определите оптимальную точку закрепления ляжки (двумерное приближение); критерий оптимальности – равномерность давления сумки на бок.

m105. Трос с известными прочностью и коэффициентом трения вытягивается через круглое отверстие. Под какими углами можно его вытягивать, чтобы он не порвался? Примените решение к вытягиванию туалетной бумаги через отверстие из барабана с рулоном (см. фото). Что придется учитывать в модели, если вытягивать рывком?



m106. Определите оптимальный алгоритм перемещения из вагона метро на перрон и с перрона в вагон двух фиксированных количеств людей. Скорость перемещения ограничена сверху, исходные расположения произвольные, открытие дверей мгновенное, люди несжимаемы. Допустимо рассмотрение как дискретной, так и непрерывной модели.

m107. Определите механические напряжения в однородном вращающемся обруче. Определите механические напряжения в однородном

стержне, вращающемся в плоскости вокруг своего конца. Определите механические напряжения в стержне переменного сечения, оптимизируйте зависимость сечения от расстояния до оси вращения. Определите механические напряжения в однородном вращающемся диске.

m108. С некоторой высоты на жесткую поверхность падает тонкостенный сферический баллон известного объема, наполненный водой. Определите радиус разлета жидкости.

Историческая справка. Мы так развлекались в школе – с пятого этажа, сложенный из бумаги кубик с водой; однажды он влетел соученице за шиворот. Анализ последствий предоставляется читателю в качестве легкого (причем домашнего!) упражнения.

m109. При резке пачки бумаги ножницами листы съезжают. Почему? Оцените сдвиг и возможность предотвращения этого эффекта.

m110. Придумайте компьютерную память на основе акустической волны в твердом теле или жидкости. Определите ее параметры. Рассмотрите вариант для хранения информации в течение времени порядка миллисекунд и для хранения в течение неограниченного времени при наличии источника энергии. (Автор задачи – Анатолий Д.)

m111. Кот открывает дверь с разбега. Как ему следует биться о дверь – лбом (твердым) или телом (мягким)? То есть требуется исследовать зависимость смещения двери от жесткости налетающей на дверь массы.

m112. Найдите боковую силу, возникающую при движении шара в неоднородном по плотности потоке.

m113. Детская игрушка – желоб, в нем лежит цилиндр с шариком внутри. Если начать наклонять желоб, при некотором угле цилиндр начинает кувиркаться по желобу вниз. Почему и при каком угле наклона? А если наклонить резко?

m114. Сумка на колесиках подкатывается к ступеньке. Определите область параметров, при которых она вкатится на ступеньку. Рассмотрите случай одиночных колес и тройных – как на фото.

m115. Определите сочетание параметров, при которых туалетная бумага отрывается от рулона при рывке – см. фото.

Даны: прочность бумаги, модуль Юнга, сечение и длина свисающей бумаги, диаметр

