

Я вывел заключение, что вопрос о силе удара представляется весьма темным, и никому из числа ранее занимавшихся им не удалось проникнуть в сущность этого предмета, полную мрака и далекую от обычных человеческих представлений.

Галилео Галилей

Если с покоящимся телом соударяется одинаковое с ним тело, то ударившееся тело приходит в состояние покоя, а покоящееся тело приходит в движение со скоростью ударившегося о него.

Христиан Гюйгенс

А ТАК ЛИ ХОРОШО ЗНАКОМЫ ВАМ соударения?

Неудивительно, что изучение удара вызывало такие трудности у Галилея — он был основателем динамики лишь одного тела. Гюйгенс, скромно заявлявший, что только «подтверждал и обобщал» теории Галилея, продвинулся намного дальше, поскольку начал построение динамики уже нескольких тел. Внеся ясность в столь сложное явление (на нем потерпела крушение механика Декарта), Гюйгенс уточняет закон сохранения количества движения (импульса) и фактически устанавливает закон сохранения энергии. Открывается путь для дальнейших исследований удара, и на него впоследствии становятся такие ученые, как Мариотт, Юнг, Пуассон, Герц...

Приступая к исследованию этого даже не явления, а целой их совокупности, вам придется научиться различать удары упругие и неупругие, выявить связь с понятиями деформации и распространения волн, почувствовать различие между механическим соударением тел и взаимодействием атомов или элементарных частиц.

Все это нужно, если вы хотите разобраться, как происходит удар по мячу или гвоздю, как забивают сваи и куют детали, как совершаются соударения «наоборот» (взрывы и стрельба), как движутся молекулы газа и рассеиваются атомы при прохождении через вещество, как осуществляются ионизация атомов и взаимодействие световых квантов с электронами.

Что ж, будем надеяться, что ваше «столкновение» с этой обширнейшей

темой не будет «абсолютно упругим» и галилеевская досада сменится гюйгенсовской ясностью.

Вопросы и задачи

1. Почему стальной шарик хорошо отскакивает от мраморной плиты и хуже — от асфальта?

2. Отчего хрупкий предмет разбивается, если его роняют на жесткий пол, и остается целым, если он падает на мягкую подстилку?

3. Несколько человек могут сдвинуть с места автобус, но он не сдвигается при попадании противотанкового снаряда, пробивающего его навывлет. Почему, если на автобус во втором случае действует большая сила, чем в первом?

4. В цирковом аттракционе атлету, лежащему на ковре, устанавливают на грудь наковальню и затем бьют по ней молотком. Опасны ли такие удары для атлета?

5. Один раз молотком ударили по куску стали — молоток отскочил, второй раз так же ударили по куску свинца — молоток отскочил меньше. Какому металлу было передано больше энергии?

6. В каком из двух случаев ружье стреляет дальше: когда оно неподвижно

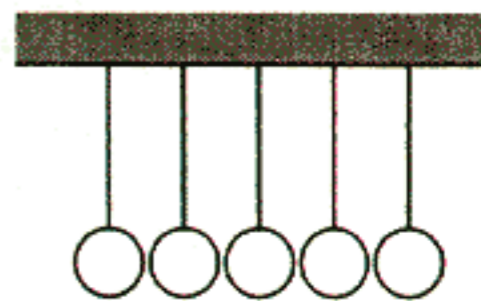


но закреплено или когда оно подвешено?

7. Почему человек, держащий базуку (ручной гранатомет), не испытывает отдачи при стрельбе?



8. Пять одинаковых стальных шаров подвешены на одинаковых нитях так, что соседние шары касаются друг друга. Как будут вести себя шары,



если отвести в сторону и отпустить крайний правый шар? Отклонить одновременно два шара; три шара?

9. На гладкий клин, составляющий угол 45° с горизонтом, вертикально падает шарик. Какова будет траектория шарика после упругого удара о клин, если клин неподвижен?

10. Почему слабо надутый футболь-

ный мяч трудно отбить на большое расстояние?

11. Опытный баскетболист, принимая сильно посланный мяч, расслабляет руки и слегка подается назад вместе с мячом. Зачем?

12. В чем принципиальное отличие реактивной силы тяги от силы тяги обычного двигателя?

13. Снаряд, вылетевший из орудия под некоторым углом к горизонту, в верхней точке траектории разбивается на два осколка равных масс. Первый осколок возвращается к исходной точке по прежней траектории. Где упадет второй осколок?

14. Скорости движения молекул газов при обычных условиях измеряются сотнями метров в секунду. Почему же диффузия газов происходит сравнительно медленно?

15. Отчего броуновское движение заметнее у мелких взвешенных частиц, чем у более крупных?

16. Почему при меньших плотностях воздуха электрический разряд в нем происходит при более низких напряжениях?

17. Каким образом атомы газа можно перевести в возбужденное состояние?

18. Почему быстрые нейтроны легко проходят через блок свинца, но задерживаются в таком же объеме парафина, воды или другого соединения, в состав которого входят атомы водорода?

Микроопыт

Возьмите маленький и большой резиновые мячи. Поставьте маленький мяч сверху на большой и одновременно отпустите их. Как поведут себя мячи после удара о пол. Почему?

Любопытно, что...

...в средние века крепости штурмовали с помощью тарана — бревна массой в несколько сот килограммов. Завоеватели, держа его на плечах, устремлялись к воротам крепости, затем резко останавливались и отпускали таран, который продолжал скользить по наплечным кожаным накладкам.

...еще до Гюйгенса чешский ученый Ян Марци при исследовании соударений подразделял тела на мягкие, хрупкие и твердые, а Декарт, различая тела твердые и мягкие, не проводил границы между телами упругими и неупругими.

...о разнообразии интересов и способностей Гюйгенса говорит не только изобретение им маятниковых часов, изготовление превосходного телескопа, открытие спутника и кольца Са-

турна, но и защита им диссертации на степень доктора права. Незадолго до смерти Гюйгенс пишет одну из первых общедоступных книг по астрономии — «Космотеорос», русский перевод которой был издан по указанию Петра I.

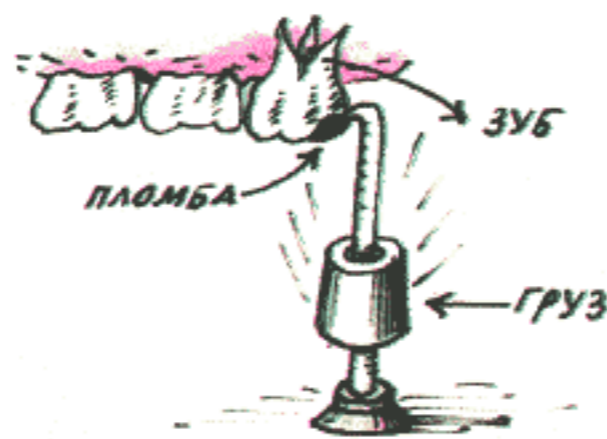
...исследовать проблему столкновения предложил в 1666 году Лондонское Королевское общество. В конкурсе приняли участие три исследователя, среди которых был и Гюйгенс. Гюйгенс дал свое решение в мемуаре «О движении тел под влиянием удара», законченном еще в 1656 году.

...первоначально Ньютон формулировал свой третий закон как рабочую гипотезу, необходимую для построения механики, и подверг ее тщательной проверке, проводя опыты по столкновению маятников.

...при столкновениях развиваются огромные силы, способные причинить большой ущерб. Например, если прыгать на твердую почву даже с высоты чуть более метра, но не сгибая ног, можно серьезно повредить позвоночник, поскольку он испытает слишком большую нагрузку.

...одна из фирм, выпускавшая пулеметы, так писала о них в рекламном проспекте: «Наш пулемет настолько эффективен, что способен держаться в воздухе под действием направленного вниз непрерывного потока выпускаемых пуль».

...молекула кислорода при нормальных условиях пробегает от соударения до соударения всего лишь двадцатитысячную долю миллиметра. Однако по сравнению с ее размерами это не так уж мало — все равно что бильярдный шар проходит расстояние порядка 10 метров.



...для удаления трудноизвлекаемых пломб зубные врачи пользовались остроумным устройством. Стержень закрепляли за пломбу, поднимали верху груз и отпускали его, пока не происходило сильного удара об упор и резкого рывка.

...время соударения упругого стержня с недеформируемой преградой не зависит от скорости стержня, а определяется прохождением фронта волны упругой деформации по стержню

туда и обратно. К случаю соударения упругих стержней разных длин модель абсолютно упругого удара, разработанная для материальных точек, оказывается совершенно не применимой.

...налетающая на неподвижное ядро атома α -частица не входит в непосредственное соприкосновение с ним, однако модель абсолютно упругого удара прекрасно описывает рассеяние таких частиц на ядрах.

...при комнатных температурах большинство столкновений атомов являются упругими; возбуждаться при столкновениях они начинают лишь при температурах в десятки тысяч кельвинов. А вот почти все столкновения между элементарными частицами носят упругий характер (поэтому часто считают, что они не имеют внутренней структуры).

...когда в 1932 году Дж.Чедвик исследовал свойства незаряженных частиц, излучаемых куском бериллия, непосредственно зафиксировать их он не мог. Однако, используя столкновения этих частиц с ядрами других элементов, он сумел определить все их параметры. Так был открыт нейтрон.

...при развале любого движущегося тела, будь то снаряд, ракета или атомное ядро, центр масс его осколков будет двигаться по той же траектории, что и до развала. Вот почему физики-ядерщики предпочитают изучать столкновения частиц в системе отсчета, связанной с их центром масс.

Что читать в «Кванте» о соударениях

(публикации последних лет)

1. Калейдоскоп «Кванта» — 1991, №6, с.40;
2. «Нейтрон и ядерная энергия» — 1992, №8, с.2;
3. «Повесть о том, как столкнулись два шара» — 1993, №9/10, с.13;
4. «Христиан Гюйгенс» — 1995, №4, с.2;
5. «Соударение тел» — 1995, №4, с.48;
6. «Ядерная физика в задачах» — 1995, №5, с.43;
7. «Бильярд» — 1995, №6, с.32;
8. «Вокруг шарика» — 1996, №2, с.7;
9. «Задачи на центр масс» — 1996, №2, с.43;
10. «Под каким углом отскочит мяч?» — 1997, №4, с.40;
11. «Корпускулярные свойства света» — 1997, №5, с.43;
12. «Гравитационная машина» — 1997, №6, с.24.

Материал подготовил
А.Леоньич