

Импульс тела. Закон сохранения импульса. Реактивное движение.

Цель: сформировать понятия «импульс тела» и «импульс силы»; дать представление о сущности закона сохранения импульса; рассказать о достижениях отечественной космонавтики.

Тип урока: урок изучения нового материала.

План урока

Контроль знаний	<ol style="list-style-type: none"> 1. Каково соотношение между массами и ускорениями тел, которые взаимодействуют между собой? 2. Что характеризует ускорение в механическом движении? 3. Зависит от силы в механическом движении? 4. Самостоятельная работа.
Демонстрации	<ol style="list-style-type: none"> 1. Взаимодействие двух шаров, двух тележек. 2. Демонстрация сохранения импульса при взаимодействии тел. 3. Реактивное движение. 4. В/ролик «Импульс тела», «реактивное движение». Презентация.
Изучение нового материала	<ol style="list-style-type: none"> 1. Передача движения от одного тела к другому. Во время их взаимодействия. 2. Импульс тела и импульс силы. 3. Закон сохранения импульса. 4. Реактивное движение.
Закрепление изученного материала	Решение задач.
Первичный контроль	Самостоятельная работа.
Подведение итогов. Д/з.	Оценка деятельности студентов. Д/з.

Изучение нового материала

Прежде чем начать изложение нового материала, надо напомнить учащимся, что единственный результат действия силы — придания телу ускорения (то есть изменение скорости движения тела) — происходит не мгновенно, а только за определенный интервал времени, в течение которого на тело действует сила. Величина изменения скорости тела зависит как от величины силы, так и от интервала времени, в течение которого она действует. Во многих случаях при решении основной задачи механики определение модуля сил, действующих на тело, представляет значительные математические трудности. Многие задачи невозможно решить, непосредственно применяя законы Ньютона. Например, в случаях, когда неизвестными являются силы взаимодействия между телами, — в моменты столкновений или во время движения по криволинейным траекториям.

1. Импульс тела и импульс силы.

Пусть два шара массами m_1 и m_2 движутся со скоростями v_0 и u_0 . В определенный момент времени они начинают взаимодействие, которое длится Δt . При этом механическое движение передается от одного шара к другой. В результате взаимодействия скорости шаров становятся равными v_1 и u_1 .

В соответствии с третьим законом Ньютона $F_{12} = -F_{21}$. Но $F_{12} = m_1 a_1$, а $F_{21} = m_2 a_2$. Итак, $m_1 a_1 = -m_2 a_2$. Ускорения, полученные пулями во время взаимодействия,

равны:

$$a_1 = \frac{v_1 - v_0}{\Delta t}; \quad a_2 = \frac{u_1 - u_0}{\Delta t}.$$

Подставляя значение ускорения в предыдущее равенство, получим:

$$m_1 \frac{v_1 - v_0}{\Delta t} = -m_2 \frac{u_1 - u_0}{\Delta t},$$

или

$$m_1 v_1 - m_1 v_0 = -(m_2 u_1 - m_2 u_0) = m_2 u_0 - m_2 u_1.$$

Отсюда:

$$\Delta(m_1 v) = -\Delta(m_2 u).$$

Из последнего равенства видно, что изменение скорости тел, которые взаимодействуют, будет разной, но смена величины произведения будет одинаковой в обоих телах.

Величина $m \overset{\vartheta}{v}$ получила название импульса тела. Она является мерой механического движения. Во время взаимодействия происходит передача импульса от одного тела к другому.

Импульс тела — векторная величина, направление вектора импульса совпадает с направлением вектора скорости.

Единицей измерения импульса в СИ является $[p] = (\text{кг} \cdot \text{м})/\text{с}$. Если на тело действует сила, то скорость тела изменяется. Следовательно, изменяется и импульс тела $p = m \overset{\vartheta}{v}$. Изменение импульса $\Delta p = \Delta(m \overset{\vartheta}{v}) = m \Delta \overset{\vartheta}{v}$. Поскольку $\Delta \overset{\vartheta}{v} = a \cdot \Delta t$, получаем $\Delta p = m a \cdot \Delta t$. Поскольку $ma = F$, можно записать: $\Delta p = F \Delta t$.

Произведение силы F на время ее действия Δt называется **импульсом силы**. Единица измерения импульса силы в СИ — Н/с. Так, $[\text{Н}] = (\text{кг} \cdot \text{м})/\text{с}^2$ единица измерения импульса силы совпадает с единицей измерения импульса тела.

Последнее уравнение показывает, что если импульс тела изменяется за очень короткий интервал времени, то при этом возникают большие силы (удар, толчок, столкновение).

Если же нужно избежать слишком больших сил, увеличивают время действия силы.

2. Закон сохранения импульса

Если переписать равенство $m_1 \overset{\vartheta}{v}_1 - m_1 \overset{\vartheta}{v}_0 = m_2 u_0 - m_2 u_1$ в виде $m_1 \overset{\vartheta}{v}_1 + m_2 u_1 = m_1 \overset{\vartheta}{v}_0 + m_2 u_0$, то станет понятным, что сумма импульсов двух тел после взаимодействия равна сумме импульсов этих тел до взаимодействия.

Этот вывод можно обобщить и для случая взаимодействия нескольких тел — важно лишь, чтобы система этих тел была замкнутой, то есть чтобы тела взаимодействовали только друг с другом и не взаимодействовали с другими телами.

Итак, формулируем закон сохранения импульса: векторная сумма импульсов тел, составляющих замкнутую систему, остается постоянной при любых взаимодействиях тел друг с другом:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 + m_3 v_3 + \dots + m_n v_n = \text{const.}$$

Задачи:

1. Тело массы небольшой (10 кг.) скорость развивает (5м/с). И какой же это тело импульс получает?
2. С какой скоростью летит шайба массой 0,2 кг, если её импульс равен 4,8 кг·м/с.
3. Два одинаковых тела движутся с одинаковыми скоростями навстречу друг другу. Чему равен импульс второго тела, если импульс первого тела 0,02 кг·м/с.

4. Реактивное движение

Известно, что скорость тела (относительно инерциальной системы отсчета) может измениться только в результате действия на это тело других тел. Например, автомобиль разгоняется благодаря тому, что его колеса во время вращения «отталкиваются» от дороги: колеса, вращаясь, «толкают» дорогу обратно, а дорога, по третьему закону Ньютона с такой же по модулю силой «толкает» автомобиль вперед. Поэтому во время гололеда так трудно и разогнаться, и затормозить.

От чего отталкивается пушка во время отдачи? От ядра: «толкая» ядро, пушка, согласно закону сохранения импульса, и сама «отталкивается» от него. Движение ракеты в этом плане напоминает движение орудия в момент отдачи: ракета выбрасывает с огромной скоростью продукты сгорания топлива (раскаленные газы) и, согласно закону сохранения импульса, сама получает толчок в противоположном направлении.

Движение, которое возникает вследствие того, что от тела отделяется его часть с определенной скоростью относительно тела, **называется реактивным движением.**

Реактивное движение

Занятие 2.1	Реактивное движение. Отдача. Примеры в технике и природе.	Ожидаемые результаты: – учащийся должен знать: понятия «реактивное движение», «реактивная сила, тяга», «отдача»; – учащийся должен уметь: приводить примеры реактивного движения		
Номер слайда	Текст	Примечания	Ссылки на медиаматериал	
1	Смена изображений по КЛИКУ . Перед вами несколько изображений. Трудно поверить, но между ними есть кое-что общее... Как вы думаете – что?	Затруднение вызывает объяснение «поведения» бешеного огурца; расскажите про него – созревшие плоды при самом лёгком прикосновении отскакивают от плодоножки, а из образовавшегося отверстия с силой выбрасывается клейкая жидкость с семенами. Сам огурец при этом далеко, до 12 м, отлетает в противоположном направлении. Детям этого достаточно, чтобы сообразить, что и другие объекты движутся за счёт выбрасывания из себя части.	http://900igr.net/datai/fizika/Impuls-tela/0022-004-Po-printsipu-reaktivnogo-dvizhenija-per-edvigajutsja-nekotorye.jpg http://images.cdn.fotopedia.com/flickr-302948687-image.jpg http://www.globalsecurity.org/space/systems/images/cev-156335main_Orion_launch.jpg	
2	Реактивное движение – движение, возникающее при отделении от тела с некоторой скоростью какой-либо его части. Анимация рисунка по КЛИКУ .	Обратите внимание на пример.	http://kyrios.org.ua/images/stories/prytchi/kulja.jpg	
3	Рассмотрим опыт... (видео по КЛИКУ*). За счёт чего начинает двигаться шарик? Какая его часть отделяется в этом случае?	Рекомендуется провести этот опыт; оборудование перечислено в начале ролика. В этом случае видео из презентации можно удалить.	http://my.opera.com/PdTati/blog/show.dml/29976472 Видео: http://www.youtube.com/watch?v=X_TrA5FUyqo&feature=player_embedded	
4	Реактивное движение свойственно осьминогам, кальмарам, каракатицам, медузам – все они, без исключения, используют для плавания реакцию (отдачу) выбрасываемой струи воды.	–	http://img4.joyreactor.cc/pics/post/гифки-одна-из-самых-больших-медуз-в-мире-песочница-медуза-605504.gif	
5	Наибольший интерес представляет «реактивный двигатель» кальмара. Кальмар является самым крупным беспозвоночным обитателем океанских глубин. Эти существа достигли высшего совершенства в реактивной навигации. У них даже тело своими внешними формами похоже на ракету (или лучше сказать – ракета	Видеоролик – компьютерная реконструкция возможных событий; обратите внимание	http://img.mota.ru/upload/wallpapers/2012/06/27/10/04/31415/mota_ru_2062718-1280x1024.jpg http://www.youtube.com/watch?v=KwU7lucfjCY	

	копирует кальмара, поскольку ему принадлежит в этом деле бесспорный приоритет). При медленном перемещении кальмар пользуется большим ромбовидным плавником, периодически изгибающимся. Для быстрого броска он использует реактивный двигатель. Видео по КЛИКУ*	детей на движение кальмара.	http://www.vevivi.ru/best/Reaktivnoe-dvizhenie-v-prirode-i-tekhnike-ref131696.html http://ru.wikipedia.org/wiki/Колоссальный_кальмар
6	Инженеры уже создали движитель, подобный двигателю кальмара. Его называют водомётom: вода засасывается в камеру, а затем выбрасывается из неё через сопло. Судно при этом движется в сторону, противоположную направлению выброса струи. Вода засасывается при помощи обычного бензинового или дизельного двигателя. Посмотрите, как это реализовано в ранце с реактивным движителем: он может работать от лодки или от водного мотоцикла. Видео по КЛИКУ*	—	http://www.youtube.com/watch?v=N7LN3jhi6e4
7	В южных странах (и у нас на побережье Чёрного моря тоже) произрастает растение под народным названием «бешеный огурец». Стоит только слегка прикоснуться к созревшему плоду, похожему на огурчик, как он отскакивает от плодоножки, а через образовавшееся отверстие из плода фонтаном со скоростью до 10 м/с вылетает жидкость с семенами. Видео по КЛИКУ*	—	http://www.youtube.com/watch?v=s5X8z-Di-RU
8	Первые пороховые ракеты были изобретены в Китае в X в. и применялись не только для фейерверков, но и в военном деле — как зажигательные и разрывные снаряды, а также как осветительные средства. Видео по КЛИКУ*	—	http://www.youtube.com/watch?v=CNjggrxUQ78 Длительность полного ролика: 8:59 Длительность фрагмента: 6:46 – 7:33
9	Во время Великой Отечественной войны Красная Армия с большим успехом использовала установки залпового огня «Катюша». Немецкие войска применяли баллистические ракеты Фау-2, обстреливая английские и бельгийские города.	—	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/de/V-2_Rocket_On_Meillerwagen.jpg?uselang=ru http://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/pictures/001/290581281.jpg
10	Выстрел из орудия или ружья сопровождается отдачей: движением ствола или орудия в целом под давлением пороховых газов на дно орудия или оружия. Отдача — это движение орудия (или оружия) в сторону, обратную выстрелу. При этом орудие (или оружие) резко и сильно толкает опору — лафет или плечо стреляющего. Отдача происходит потому, что отбрасываемая	—	http://www.youtube.com/watch?v=t5akjXu6kfo http://www.youtube.com/watch?v=6paG9SNmlwQ http://www.youtube.com/watch?v=JeKhnKqkh4U

	<p>масса газов и снаряда (пули) создаёт реактивную силу, благодаря которой тело, из которого эти газы истекали, начинает двигаться и в воздухе, и в безвоздушном пространстве. Из-за отдачи неумелые стрелки иногда попадают в неловкую и смешную ситуацию.</p> <p>Видео по КЛИКУ*</p>		http://www.youtube.com/watch?v=nSkcJ-hR9-4
11	<p>Принцип реактивного движения находит широкое практическое применение в авиации и космонавтике. В космическом пространстве нет среды, с которой тело могло бы взаимодействовать и тем самым изменять направление и модуль своей скорости, поэтому для космических полётов могут быть использованы только реактивные летательные аппараты, то есть, например, ракеты.</p>	—	http://abunda.ru/uploads/posts/2009-07/1248440995_3.jpg
12	<p>Видео по КЛИКУ*</p> <p>В любой ракете, независимо от её конструкции, всегда имеется оболочка и топливо с окислителем. Оболочка ракеты включает в себя полезный груз, приборный отсек и двигатель (камера сгорания, насосы и пр.).</p> <p>Основную массу ракеты составляет топливо с окислителем (окислитель нужен для поддержания горения топлива, поскольку в космосе нет кислорода).</p> <p>Топливо, сгорая, превращается в газ высокой температуры и высокого давления. Благодаря большой разности давлений в камере сгорания и в космическом пространстве газы из камеры сгорания мощной струёй устремляются наружу через растрёб специальной формы, называемый соплом. Назначение сопла состоит в том, чтобы повысить скорость струи.</p> <p>Наиболее массивную часть ракеты, предназначенную для старта и разгона всей ракеты, называют первой ступенью. Когда первая массивная ступень многоступенчатой ракеты исчерпает при разгоне все запасы топлива, она отделяется. Дальнейший разгон продолжает вторая, менее массивная ступень, и к ранее достигнутой при помощи первой ступени скорости она добавляет ещё некоторую скорость, а затем отделяется. Третья ступень продолжает наращивание скорости до необходимого значения и доставляет полезный груз на орбиту.</p>	<p>Текст проговаривается по ходу видеоролика: Пуск ракеты-носителя Зенит-3SLБ/ДМ-SLB с космическим аппаратом «MeaSat-3a» 22 июня 2009 г. Космодром Байконур(анимационная реконструкции запуска). Текст можно сократить, а для учеников младшего возраста (3–4 класс) адаптировать.</p>	http://www.youtube.com/watch?v=2xIceG5G9Wg

13	Первым человеком, который совершил полёт в космическом пространстве, был гражданин Советского Союза Юрий Алексеевич Гагарин. 12 апреля 1961 г. он облетел земной шар на корабле-спутнике «Восток»	Если позволяет время, рекомендуется показать видеоролик: 3D-реконструкция первого полёта человека в космос; ссылка: http://www.youtube.com/watch?v=F798dvGWQvU Длительность: 8 мин 24 с	http://www.artscatalyst.org/images/uploads/images/gagarin.jpg
14	А теперь попробуйте ответить на несколько вопросов: В каком случае орудие могло бы приобрести при выстреле ббольшую скорость, чем вылетевший из него снаряд?	<i>Ответ:</i> если бы масса орудия была меньше, чем масса снаряда.	http://caricatura.ru/parad/larichef/pic/16745.jpg
15	Следующий вопрос: Космонавт находится на некотором расстоянии от космического корабля, имея при себе два одинаковых однозарядных пистолета. Он может стрелять одновременно из двух пистолетов или использовать их по очереди. Как должен поступить космонавт, чтобы быстрее вернуться на корабль?	<i>Ответ:</i> сначала нужно выстрелить из первого пистолета в сторону, противоположную кораблю, и бросить туда же сам пистолет. Затем то же самое и в том же порядке проделать со вторым пистолетом. случай, если выстрелы окажутся не одинаковой мощности или силы бросков пистолетов не одинаковые. Не исключается также и вероятность закручивания при неточном направлении выстрелов, что вторым выстрелом и вторым броском пистолета можно поправить.	http://images.kakprosto.ru/articles/201305/3709_1368878382_a9f87.jpg
16	Последний вопрос: Можно ли превратить Землю в гигантский космический корабль, используя для этой цели современные ракетные двигатели?	Ответ: нет, нельзя. Скорость истечения газов из ракетных двигателей значительно меньше второй космической скорости у поверхности Земли, поэтому эти газы не покинут Землю и не сообщат ей движение.	http://www.baget-eu.biz.ua/uploads/posts/2011-07/1311459786_priz.jpg
17	Как вы видите, принцип реактивного движения очень распространён в реальной жизни. Он находит отражение и в известных вам мультфильмах. Каких? Мы посмотрим фрагмент из мультфильма «Ну, погоди». Видео по КЛИКУ*	Ответы могут быть самые разными («Кунфу Панда», «Ну, погоди», «Том и Джерри» и др.)	Ну, погоди! (выпуск 14), студия «Союзмультфильм», СССР, 1984 год Режиссёр Вячеслав Котеночкин Автор сценария Александр Курляндский, Аркадий Хайт http://www.youtube.com/watch?v=ZzZGPf2akk0 Длительность полного фильма: 10 мин Длительность фрагмента: 1:10 – 2:33

Качественные задачи

1. Или на одинаковое расстояние можно бросить камень вперед: а) стоя на земле; б) стоя на коньках на льду?
2. Метеорит сгорает в атмосфере, не достигая поверхности Земли. Что происходит при этом с его импульсом?
3. Почему человек может бежать по очень тонкому льду, но не может стоять на нем, не проваливаясь?
4. Может ли человек, стоящий на идеально ровном горизонтальном ледовой площадке, сдвинуться с места, не упираясь острыми предметами в лед?
5. Почему пуля, вылетев из ружья, не разбивает оконное стекло на осколки, а образует в нем круглое отверстие?
6. Чтобы сойти на берег, лодочник направился от кормы лодки к ее носовой части. Почему при этом лодка отошел от берега?

Расчетные задачи

1. Тележка массой $m_1 = 120$ кг катится со скоростью $v_1 = 6$ м/с. Человек, которая бежала навстречу тележке со скоростью $v_2 = 9$ км/ч, прыгает в тележку. С какой скоростью удвигнется после этого тележка, если масса человека $m_2 = 60$ кг?

Дано: $m_1 = 120$ кг, $v_1 = 6$ м/с, $m_2 = 60$ кг, $v_2 = 9$ км/час. = 2,5 м/с.

Найти: v - ?

Решения

Возьмем ось Ox в направлении движения тележки, тогда

$$v_{1x} = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}, v_{2x} = -2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Внешними силами, действующими на систему «тележка + человек» в направлении оси Ox , можно пренебречь. Следовательно, проекция полного импульса системы на эту ось сохраняется:

$$m_1 v_{1x} + m_2 v_{2x} = (m_1 + m_2) v_x.$$

Отсюда:

$$v_x = \frac{m_1 v_{1x} + m_2 v_{2x}}{m_1 + m_2}, v = |v_x|.$$

$$[v] = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\text{кг}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}; v_x = \frac{120 \cdot 6 - 60 \cdot 2,5}{120 + 60} = 3,2 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

Ответ: $v = 3,2$ м/с.

Самостоятельная работа «Импульс тела»

Начальный уровень

1. Какой является масса тела, если его импульс равен 500 кг(м/с), а скорость 20 м/с?
2. Шарик массой 500 г равномерно катится со скоростью 2 м/с. Чему равен импульс тела?

Средний уровень

1. С какой скоростью должна лететь хоккейная шайба массой 160 г, чтобы ее импульс был равен импульсу пули массой 8 г, летящей со скоростью 600 м/с?

2. С какой силой действует молоток массой 0,5 кг на гвоздь во время удара, если скорость молотка перед ударом 2 м/с? Считайте, что удар длился 0,01 с.

Высокий уровень

1. Движение материальной точки, масса которой 3 кг, описывается уравнением: $x = 25 - 10t + 2t^2$. Найдите изменение импульса тела за первые 8 с ее движения. Найдите импульс силы, вызвавшей это изменение, за это же время.

2. Стальной шарик массой 0,05 кг падает с высоты 5 м на стальную плиту. После столкновения шарик отскакивает от плиты с такой же по модулю скоростью. Найдите силу, действующую на плиту при ударе, считая ее постоянной. Время столкновения равно 0,01 сек.

Задачи, решаемые на уроке

1. На сколько изменится (по модулю) импульс автомобиля массой 1 000 кг при изменении его скорости от 15 м/с до 20 м/с?
2. Какое из тел имеет больший импульс: автобус массой 8 т, движущийся со скоростью 18 км/ч, или снаряд массой 6 кг, летящий со скоростью 500 м/с? (Ответ: автобус.)
3. Стальной шар движется со скоростью 2 м/с, а алюминиевый шар такого же радиуса — со скоростью 6 м/с. Какая из шаров имеет больший импульс? (Ответ: алюминиевая пуля.)
4. Координата тела изменяется по закону $x = -6 + 3t - 0,25t^2$, а импульс — по закону $p_x = 12 - 2t$. Найдите массу тела и силу, действующую на него.
5. Железнодорожный вагон массой 35000 кг подъезжает к стоящему на том же пути неподвижному вагону массой 28000 кг и автоматически сцепляется с ним. После сцепки вагоны движутся прямолинейно со скоростью 0,5 м/с. Какова была скорость вагона массой 35000 кг перед сцепкой?
6. На тело массой 2 кг, начальная скорость движения которого -2 м/с, действует в положительном направлении оси Oх стала сила 6 Н. Запишите закон изменения скорости $v_x(t)$ и импульса $p_x(t)$ тела.
7. Мальчик, стоя на роликовых коньках, отбил мяч, который летел горизонтально, так, что направление движения мяча изменился на противоположный. При этом мальчик получил скорости 0,2 м/с, а скорость мяча по модулю не изменилась. Какой скорости приобрел бы мальчик, если бы скорость мяча после удара удвоилась?
8. Пустая железнодорожная платформа, которая двигалась со скоростью 1 м/с, после столкновения с нагруженной платформой начала двигаться в обратном направлении со скоростью 0,6 м/с. Грузная платформа приобрела в результате удара скорости 0,4 м/с. С какой скоростью двигались платформы, если бы во время удара сработала автосцепка?

Домашнее задание

- 1) С высоты 80 м без начальной скорости отпустили чугунное ядро массой 20 кг. На какой высоте его импульс будет равен 400 кг(м/с)?
- 2) Слон массой 4,5 т бежит со скоростью 10 м/с. С какой скоростью должен ехать автомобиль массой 1,5 т, чтобы его импульс был равен импульсу слона?