

Школа космонавтики

Заочное отделение

7 класс

 **Физика**

**МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА**

**Задание №4**

Железногорск

2018

**МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА**

Механической работой называют перемещение тела под действием силы. Работу можно подсчитать по формуле:

**A = F ∙ s**

где А - работа, F - сила, которая направлена по линии действия вектора перемещения  (рис. 1). Формула дает верный результат только при условии, что сила остается постоянной на протяжении всего перемещения. Следовательно, работа равна произведению силы на величину перемещения.

В СИ работа измеряется в джоулях (Дж). Единица названа в честь английского физика Джеймса Джоуля, который впервые доказал, что теплота - это вид энергии. Согласно формуле Дж = Н ∙ м : работа величиной в один джоуль (Дж) выполняется силой один ньютон (Н), перемещает тело в направлении действия силы на один метр (м).

Если на тело действует несколько сил, то работа каждой силы исчисляется отдельно (рис.1). Когда сила действует в противоположном направлении перемещения, то работа считается отрицательной, такой может быть, например, работа силы трения:

**Атр = - Fmp ∙ s**

Если сила направлена перпендикулярно перемещению, то работа равна нулю. Мы, например, не указали на рис. 1 силы реакции опоры **N** и силы тяжести **mg**, поскольку работу эти силы не выполняют.

Итак: **Работа равна произведению силы на перемещение.**



**Рис. 1.**

**Пример** 1.

Тело переместилось на расстояние s = 2 м, двигая его равномерно в горизонтальном направлении под действием силы F = 3 Н. Вычислите работу силы F и силы трения Fтр.

Решение.

Работу силы F вычислим по формуле: AF = F ∙ s = 3Н ∙ 2м = 6 Дж.

Поскольку тело движется равномерно, то сила F компенсирует действие силы Fтp, т. е. равна ей по величине (и противоположна по направлению): Fтр, = -F. Работа силы трения равна:

Amp = -Fmp∙ S = -3H ∙ 2M = - 6Дж .

Ответ: работа силы F равна 6 Дж, работа силы трения равна -6 Дж.

**Работа в поле тяготения**

Если тело равномерно поднимают вверх, преодолевая силу тяжести «mg», опускают вниз под действием силы тяжести (рис. 2), то работа вычисляется по той же формуле A = F ∙ s, но перемещение обозначают буквой «h»:

**А = mg ∙ h**

При подъеме работа силы тяжести отрицательна, а работа подъемной силы - положительная.



Рис. 2.

**Пример 2.**

Какая работа была выполнена краном, поднявшего бетонную плиту массой 400 кг на высоту 5 м? (g = 10Н / кг).

Решение. Очевидно, что кран должен действовать на плиту вверх с силой F, не меньше mg.

Работу силы F, которую развивает кран, вычислим по формуле:

АF = F ∙ h = mg ∙ h = 20 000 Дж.

Ответ. Кран выполнил работу 20 000 Дж, или 20 кДж.

**График силы**

Начертим график зависимости величины силы F от перемещения «s» для случая, когда величина силы не меняется, а направление силы совпадает с направлением перемещения (рис.3). Легко заметить, что произведение **F ∙ S** совпадает по числовому значению с площадью прямоугольника abcd, то есть работа может быть вычислена как площадь под графиком силы.

Этот новый способ вычисления работы становится в случае, когда сила меняется в процессе перемещения. Если мы растягиваем пружину с некоторой силой F, то величина этой силы увеличивается по мере увеличения удлинения пружины согласно закону Гука. Следовательно, вычислять работу по формуле **A = F ∙ s** уже нельзя.

Начертим график силы для случая удлинения пружины (рис.4). Работа численно равна площади треугольника abc, где ab = х - удлинение, а отрезок bc = F - максимальная сила, которая удерживает пружину в протяженном состоянии.

Таким образом, работа по удлинению пружины равна:

**A = 1/2 ∙ F ∙ x**

Учитывая, что F = k ∙ х , формулу можно записать и так:

**А = 1/2 ∙ к ∙ х2**



Рис. 3. Площадь под графиком силы численно равна работе



Рис.4. Работа по удлинению пружины численно равна площади треугольника аbc

**Мощность**

Скорость выполнения работы, называют мощностью и обозначают буквой **N**. Мощность равна отношению работы ко времени, в течение которого эта работа была выполнена:

**Р=A/t**

где А - работа выполненная за время t.

В СИ мощность измеряется в ваттах (Вт) в честь английского ученого и инженера Джеймса Уатта, который построил первую паровую машину. Согласно формуле мощности Вт = Дж/с: при мощности один ватт за одну секунду выполняется работа в один джоуль.

На практике часто используются более крупные единицы мощности - киловатт (кВт) и мегаватт (МВт): 1 квт = 1 000 Вт, 1 МВт = 1 000 000 Вт.

Если в формуле **Р=A/t** «А» заменить на F ∙ S и учесть, что **v = s/t,** то получим новую полезную формулу, которая позволяет найти мощность, зная силу и скорость:

**P = F ∙ v**

Из формулы можно получить новое выражение для вычисления работы:

**A = P ∙ t**

Если построить график зависимости мощности от времени (при постоянной мощности), то становится очевидным, что площадь под графиком равна работе (рис.5).



 Рис.5. Площадь под графиком P(t) численно равна работе

**Пример 3.**

Электросчетчик определяет потребляемую энергию в кВт-ч. Что это за физическая величина?

Решение: Согласно формуле **A = P ∙ t** - это работа. Выразим кВт-час. в Дж:

1 кВт - час. = 1000 Вт ∙ 3600 с = 3 600 000 Дж.

Ответ: 1 кВт-час. равна работе 3 600 000 Дж, или 3,6 МДж.



Рис. 6. Электросчетчик.

**Подведем итоги**

• Механическая работа равна произведению силы на величину перемещения: **А = F ∙ s.**

• Когда сила действует в противоположном направлении перемещения, то работа считается отрицательной.

• Если сила направлена перпендикулярно перемещению, то работа равна нулю.

• Мощность равна отношению работы ко времени, в течение которого

эта работа была выполнена: **Р=A/t** .

• Работа переменной силы может быть вычислена по площади под графиком F(t).

**МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ И ЕЕ ВИДЫ**

Понятие энергии - одно из важнейших не только в физике. От количества вырабатываемой энергии и способа ее получения зависит качество нашей жизни. Вспомним такие выражения, как тепловая энергия, энергетический кризис, плата за электроэнергию, энергичный человек, объединенные энергетические системы.

Мы привыкли, что энергия - это определенный ресурс, что позволяет улучшить благосостояние.

Производство и распределение энергии затрагивает все стороны жизни человека. Поэтому надо знать, как она производится, передается и сохраняется.

Вот некоторые свойства энергии:

1. Тело может иметь, получать и отдавать энергию.

2. Существует много видов энергии (механическая, тепловая, электрическая...) и она может переходить из одного вида в другой.

3. При определенных условиях энергия может сохраняться.



Рис. 7. Использование энергии ветра

**Механическая энергия**

Тело обладает энергией, если оно может выполнить работу. Чтобы иметь энергию, нет необходимости осуществлять работу, достаточно иметь такую возможность.

Величина энергии равна наибольшей работе, которую тело может совершить при данных условиях. Как и работа, энергия измеряется в Дж.

Есть два вида механической энергии: потенциальная и кинетическая. Обозначим энергию буквой **Е**. Нижний индекс (значок) в выражениях для энергии возле буквы Е означает: «к» - кинетическая, «п» - потенциальная.

**Кинетическая энергия**

Кинетическая энергия (EK) - это энергия тел, которые движутся («кинема» на греческом означает «движение») - это может быть энергия ветра, потока воды, вращающаяся энергия массивного маховика. Подсчитать кинетическую энергию можно по формуле:

**Ек = mv2/ 2**, где «m» - масса тела, а v - его скорость.

Тело, которое участвует одновременно в двух движениях - поступательном и вращательном - имеет две кинетические энергии, как например, колесо автомобиля. Поступательное движение центра колеса происходит со скоростью автомобиля, а оборотная скорость увеличивается от нуля (центр) до скорости автомобиля (на уровне протектора шин). Возможно, вы видели в фильмах, как продолжают крутиться колеса у автомобиля, что перевернулся - поступательной энергии уже нет, а вращательная еще есть.



Рис 8. Колесо автомобиля имеет две кинетические энергии - вращающуюся и поступательную

**Пример 4.**

Сравните кинетические энергии а) легкового автомобиля массой 1500 кг, движущегося со скоростью 72 км/ч. и б) снаряда массой 3 кг, летящей со скоростью 500 м/сек.

Решение:

 а) Скорость автомобиля 72 км/час = 20 м/сек. Кинетическая энергия автомобиля: ЕК1 = 1500\*400/2 дж = 300000 Дж, или 300 кДж.

б) Снаряд: ЕК2 =3\*250000/2 дж, или 375 кДж.

Замечание. Обратите внимание, что масса снаряда в 500 раз меньше массы автомобиля, в то время как его скорость больше только в 25 раз. Однако кинетическая энергия снаряда оказалась больше, поскольку выражение **mv2/ 2** сильнее зависит от скорости (**v2** ), чем от массы (m).

Кинетическую энергию ветра используют очень давно. В наше время модернизированные мельницы производят значительное количество электричества (рис.9). Электротранспорт превращает часть своей энергии движения в электричество, когда сбавляет скорость перед остановкой.



Рис. 9. Кинетическую энергию ветра преобразуют в электричество

**Потенциальная энергия**

Потенциальная энергия тела (Еп) - это энергия возможности (с англ. potential - потенциал, возможность). Такую энергию имеют неподвижные тела в результате взаимодействия и взаимного расположения.

Потенциальная энергия тяготения. Рассмотрим неподвижное тело массой «m», которое находится на высоте «h» (рис.10). На это тело действует сила тяжести «mg», и если предоставить телу возможность упасть, то эта сила выполнит работу **A = mgh**. Поскольку запас энергии равна наибольшей работе, которую тело может совершить при данных условиях, то энергия тела, находящегося на некоторой высоте над землей, составляет:

**Еп = mgh**

Тело, находясь на некоторой высоте h, обладает энергией уже только потому, что оно притягивается Землей и может упасть. Тело, которое лежит на полу, не имеет потенциальной энергии относительно пола, хотя на него действует сила тяжести. Заметим, что начало отсчета высоты «h» может быть разным, поэтому про потенциальную энергию притяжения можно говорить лишь по отношению к выбранному начального (нулевого) уровня.

Если тело находится ниже нулевого уровня, например в яме, то его потенциальная энергия отрицательна. Это означает, что за счет этой энергии тело не может выполнить работу. Более того, чтобы поднять тело из ямы на поверхность, кому-то придется выполнить отрицательную работу.

Потенциальной энергией люди также пользуются с незапамятных времен. Вспомните водяные мельницы или старинные часы с гирями. Когда строят гидроэлектростанцию (ГЭС), то реку перекрывают плотиной, чтобы поднять уровень воды (рис.11). Падая вниз, вода вращает турбины генераторов и выполняет работу. Чем выше плотина и чем больше воды несет река, тем больше электроэнергии вырабатывает ГЭС.



Рис.10. Потенциальную энергию притяжения тело имеет уже потому, что притягивается Землей и находится на определенной высоте



Рис. 11. Энергия поднятой плотиной воды

**Пример 5.**

Какую массу имеет тело, поднятое на высоту 20 м, если его потенциальная энергия составляет 300 кДж?

Решение. Очевидно, что речь идет о потенциальной энергии притяжения, поэтому

 Еп = mgh.

Отсюда: m = Ep/(gh) = 300000Дж/(10H/кг ∙ 20м) = 1500кг .

Ответ: масса тела равна 1 500 кг или 1,5 т.

Замечание. 300 кДж - это кинетическая энергия автомобиля из примера 4. Интересно, что если бы автомобиль на каком-то трамплине подпрыгнул вертикально вверх, а его кинетическая энергия полностью перешла в потенциальную, то он смог бы подняться на высоту 20 м.

**Потенциальная энергия упруго деформированного тела**

Если удлинение пружины жесткости «к» составляет «х», то она может выполнить работу **А = 1/2 ∙ к ∙ х2**, при условии, что пружине будет предоставлена возможность вернуться в недеформований состояние. Следовательно потенциальная энергия деформированной пружины составляет:

**Еп  = 1/2 ∙ к ∙ х2**

Накручивая пружину механических часов, мы предоставляем ему запас потенциальной энергии, которая потом будет расходоваться для приведения в движение механизма и стрелок. Часы остановится после того, как пружина снова распрямится и потратит свою энергию.

**Полная механическая энергия**

Тело может одновременно иметь несколько видов механической энергии, как потенциальной, так и кинетической. Полная механическая энергия Е тела равна сумме поступательной и вращательной кинетических энергий, а также потенциальных энергий упругой деформации и тяжести.

**Пример 6.**

Самолет массой 30 т летит на высоте 10 000 м со скоростью 720 км/час. Вычислите его полную механическую энергию. g = 10 Н /кг.

Решение. Самолет имеет поступательную кинетическую энергию и потенциальную энергию притяжения. Следовательно, полная механическая энергия равна:

Е = mv2/ 2 + mgh

Преобразуем скорость самолета в единицы СИ: 720 км/час. = 200 м/сек.

Е = 600 000 000 Дж + 3 000 000 000 Дж = 3 600 МДж

Ответ: полная механическая энергия самолета равна 3 600 МДж.

**Подведем итоги**

• Энергия - это способность тела выполнить работу. Величина энергии равна наибольшей работе, которую тело может совершить при данных условиях.

• Есть два вида механической энергии - кинетическая (энергия движущихся тел) и потенциальная (энергия возможности).

• Кинетическая энергия вычисляется по формуле: **Ек = mv2/ 2**

• Потенциальная энергия: притяжение: **Еп = mgh**;

упругой деформации: **Еп  = 1/2 ∙ к ∙ х2**

• Полная механическая энергия Е тела равна сумме кинетической и потенциальной энергий.

**ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

Преобразование энергии из одного вида в другой постоянно происходят в природе и технике. Перекрывая реку плотиной гидроэлектростанции, добиваются того, что вода поднимается на значительную высоту и приобретает огромной потенциальной энергии.

Падая вниз, вода увеличивает свою кинетическую энергию, за счет которой она вращает лопасти гидротурбин. Те в свою очередь вращают электрогенераторы, которые вырабатывают электрическую энергию.

Рассмотрим для примера падения мячика с определенной высоты (рис. 12). Когда мячик опускается, его потенциальная энергия уменьшается, скорость растет, а с ней растет и кинетическая энергия. У самой земли потенциальная энергия уменьшится до нуля и полностью перейдет в кинетическую, которая достигнет своего наибольшего значения. Далее кинетическая энергия начнет переходить в энергию упругой деформации мячика, который сжимается...



Рис.12. Переход потенциальной энергии мяча в кинетическую энергию

**Закон сохранения энергии**

Многочисленные и весьма точные опыты показали, что кинетическая энергия увеличивается ровно настолько, насколько уменьшается потенциальная, если только можно пренебречь работой силы трения, т. е. сумма потенциальной и кинетической энергии остается постоянной (сохраняется) при отсутствии силы трения. Другими словами, полная механическая энергия тела сохраняется, если на тело не действуют силы трения, или если они малы и ими можно пренебречь.

Если **E1 = ЕК1 + Еп1** - полная механическая энергия тела в одном состоянии, а Е2= ЕК2 + Еп2 - в другом состоянии, то E1 = Е2, то есть энергия сохраняется при отсутствии действия сил трения.



Рис. 13. Потенциальная энергия деформированного лука перешла в кинетическую энергию стрелы, которая в свою очередь перешла в потенциальную энергию притяжения

**Пример 7.**

Скорость стрелы во время выстрела из лука составляет 20 м/сек. На какую наибольшую высоту она может подняться? g = 10 м/с2.

Решение. За нулевой уровень потенциальной энергии выбираем место выстрела. В таком случае на момент выстрела тело имело лишь кинетическую энергию и его полная энергия составляет:  **Ек1 = mv2/ 2**.

При достижении наивысшей точки скорость тела стала равной нулю и полная энергия состоит только из потенциальной: **Еп2 = mgh**. Сила трения о воздух мала и ею можно пренебречь, поэтому E1 = Е2, что дает: mv2/ 2= mgh . Отсюда h =  20 м.

Ответ: При условии отсутствия трения, стрела может подняться на высоту 20 м.

Обсуждение результатов. а) Высота 20 м была достигнута при условии отсутствия трения (то есть потерь энергии). Реально, высота подъема будет несколько меньше. б) Масса тела в процессе расчетов сократилось, это означает, что тело любой массы, которому придали скорости 20 м/с, достигнет высоты 20 м. Если этот факт вас удивляет, то попробуйте решить этот парадокс.

**Пример 8.**

Тело массой 3 кг падает с высоты 8 м. Какой будет его скорость в момент касания поверхности? g = 10 м/c2.

Решение. Подобно предыдущей задачи, mgh =mv2/ 2. откуда:

v2 =2gh, v2 =2 ∙ 10 м/c2∙ 8м = 160m2 /с2; v = 16м/с.

Ответ: тело достигнет скорости 16 м/сек.

**Пример 9.**

Игрушечный пружинный пистолет, жесткость пружины которого 1 Н/см, зарядили шариком массой 20 г и сжали пружину на 10 см. С какой скоростью вылетит шарик при выстреле?

Решение. Прежде чем решать задачу, надо привести единицы измерения в систему СИ: 1 Н/см = 100 Н/м, 20 г = 0,02 кг, 10 см = 0,1 м.

Энергия сжатой пружины составляет E1 **=** 1/2 ∙ к ∙ х2 ,

когда пружина выпрямилась, то потенциальная энергия деформации пружины перешла в кинетическую энергию шарика, которая равна Е2 =mv2/ 2. Согласно закону сохранения энергии, должно выполняться равенство E1 = Е2 , то есть 1/2 ∙ k ∙ х2 =mv2/ 2.

Отсюда: v ≈ 7 м/сек.

Ответ: шарик будет иметь скорость около 7 м/сек.

**Энергия и работа**

Напомним, что работу можно вычислить:

1. По формуле A = F ∙ S, если сила постоянна.

2. По графику силы - как площадь под графиком.

3. Через мощность, как А = Р ∙ t. Исходя из определения энергии, можно еще одним способом вычислять работу:

4. Работа силы равна изменению энергии тела, которую она вызвала.

Если полная энергия тела увеличивается, то это означает, что какая-то сила выполняет положительную работу. Тогда увеличение полной энергии тела равно работе этой силы: А = Е2 - E1. Если полная энергия тела уменьшается, то это означает, что какая-то сила выполняет отрицательную работу. Сила трения скольжения, например, выполняет отрицательную работу и поэтому в равенстве Атр=Е2 - Е1: Е2 < Е1.
Следовательно, изменение механической энергии является следствием выполнения работы, а выполнение работы приводит к изменению энергии.

Подведем итоги

• Энергия не возникает не из ничего и не исчезает бесследно. Она только переходит из одного вида в другой.

• Закон сохранения механической энергии: полная механическая энергия тела не меняется, если нет потерь на трение.

• Механическая работа может быть вычислена как изменение полной механической энергии.

**Задачи для самостоятельного решения**

**Задача 1.** Определите какую работу совершает человек массой 50 кг при подъеме по лестнице на пятый этаж. высота одной ступеньки 20 см, а количество ступенек на этаже 10?

**Задача 2.** Башенный кран равномерно поднимает в горизонтальном положении стальную балку длиной 5 м и сечением 0,01 м2 на высоту 15 м. Найдите работу, совершаемую краном. Плотность материала балки 7800 кг/м3

**Задача 3.** Найдите мощность двигателя станка, который за 1 час выполнил работу 360 кДж?

**Задача 4.**Тепловоз при скорости 21,6 км/ч развивает силу тяги 400 кН. Найти его мощность.

**Задача 5.** Трактор перемещает платформу со скоростью 7,2 км/ч, развивая тяговое усилие в 25 кН. Какую работу совершит трактор за 10 мин.?

**Задача 6.** Со дна реки глубиной 4 м поднимают камень объемом 0,6 м3 на поверхность. Плотность камня 2500 кг/м3, плотность воды 1000 кг/м3. Найти работу по подъему камня.

**Задача 7.** Поршень двигателя перемещается на 20 см под давлением 800 кПа. Определите работу, совершаемую двигателем за один ход поршня, если площадь поршня 150 см2.

**Задача 8.** На какую высоту поднимется тело, подброшенное вертикально вверх, с начальной скоростью 20 м/с? При решении задачи не учитывается сопротивление воздуха.

**Задача 9.** Необходимо рассчитать жесткость пружины, если известно, что при растяжении ее на 20 см пружина приобрела потенциальную энергию упругодеформированного тела 20 Дж.

**Задача 10.** Спусковую пружину игрушечного пистолета сжали на 5 см, при вылете шарик массой 20 г приобрел скорость 2 м/с. Необходимо рассчитать, какова жесткость пружины.