Билет 13

Архимед - величайший древнегреческий ученый, математик, физик, изобретатель, родился в 287г. до н.э. в Сиракузах на острове Сицилия. Он прославился многочисленными научными трудами, главным образом в области геометрии и механики. Учился Архимед, как и многие другие древнегреческие ученые, в Александрии, где правители Египта Птолемеи собрали лучших греческих ученых и мыслителей, а также основали знаменитую, самую большую в мире библиотеку.
Существует легенда об открытии «закона Архимеда», связанная с золотой короной царя Сиракуз Гиероном II.
Историки считают, что задача о золотой короне побудила Архимеда заняться вопросом о плавании тел. Результатом было появление замечательного сочинения «О плавающих телах», которое дошло до наших дней.
Существование гидростатического давления приводит к тому, что на любое тело, находящееся в жидкости или газе, действует выталкивающая сила. Впервые значение этой силы в жидкостях определил на опыте Архимед. **Закон Архимеда формулируется так: на тело, погруженное в жидкость или газ, действует выталкивающая сила, равная весу того количества жидкости или газа, которое вытеснено погруженной частью тела.**
Архимедова сила направлена всегда противоположно силе тяжести, поэтому вес тела в жидкости или газе всегда меньше веса этого тела в вакууме.
Закон Архимеда справедлив только при наличии тяжести. В условиях невесомости он не выполняется.
Поведение тела, находящегося в жидкости или газе, зависит от соотношения между модулями силы тяжести Fт и архимедовой силы FA, которые действуют на это тело. Возможны следующие три случая:

Fт>FA - тело тонет;

Fт=FA - тело плавает в жидкости или газе;

Fт<fA - тело всплывает до тех пор, пока не начнет плавать.
</f

Если твердое тело однородно, то тело будет тонуть, всплывать или оставаться в равновесии внутри жидкости в зависимости от того, больше ли плотность тела плотности жидкости, меньше или равна ей. В случае неоднородных тел сравнивают с плотностью жидкости среднюю плотность тела.

Закон Архимеда справедлив и для газов.

На использовании действия архимедовой силы в газах основано воздухоплавание - полеты дирижаблей, аэростатов.

Закон плавания тел положен в основу устройства ареометра. Ареометр представляет собой стеклянный сосуд с грузиком, снабженный длинным отростком, на котором нанесена шкала. При плавании в жидкости ареометр погружается на большую или на меньшую глубину в зависимости от плотности жидкости. Чем больше плотность жидкости, тем меньше погружается ареометр. На шкале отмечаются непосредственно значения плотности жидкости, отвечающей погружению ареометра до данного деления.

Проявление закона Архимеда в окружающем нас мире очень разнообразно. Поскольку средняя плотность тела рыб близка к плотности воды, их вес хорошо уравновешивается выталкивающей силой по закону Архимеда.

Чтобы всегда держаться на поверхности воды, у рыб есть специальный плавательный пузырь. Внутри него смесь трех газов – азота, кислорода и углекислого газа. Газ легче воды, поэтому не позволяет рыбе утонуть. Плавательный пузырь рыбы легко меняет свой объем. Когда рыба с помощью мышц опускается на большую глубину и давление воды на нее увеличивается, пузырь сжимается, объем тела рыбы уменьшается, и она не выталкивается вверх, а плавает в глубине. При подъеме плавательный пузырь и объем всего тела рыбы увеличиваются и она плавает уже на меньшей глубине.

Плавательные пузыри есть не у всех рыб. К примеру, акулам не повезло и они должны всю жизнь проводить в движении, потому что если акула не будет двигаться, то пойдет ко дну.

Киты регулируют глубину своего погружения за счет уменьшения и увеличения объема легких.

Суда, плавающие по рекам, озерам, морям и океанам, построены из разных материалов с различной плотностью. Корпус судов обычно делают из стальных листов. Все внутренние крепления, придающие судам прочность, также изготавливают из металлов и материалов, имеющих по сравнению с водой как большую, так и меньшую плотность.

Суда держатся на воде, принимают на борт и перевозят большие грузы

потому, что вес воды, вытесняемой подводной частью судна, равен весу судна с грузом в воздухе или силе тяжести, действующей на судно с грузом.

Искусно используют закон Архимеда подводники. Подводная лодка имеет специальные отсеки, которые при погружении заполняются водой. Сила тяжести лодки при этом возрастает, и она погружается. При всплытии мощные насосы нагнетают сжатый воздух из специальных баллонов в отсеки с водой. Вода вытесняется за борт лодки, и лодка становится легче. Когда сила тяжести становится меньше выталкивающей силы, лодка всплывает.

**Закон Архимеда. Природа выталкивающей силы**

Существование гидростатического давления приводит к тому, что на любое тело, находящееся в жидкости или газе, действует выталкивающая сила. Впервые значение этой силы в жидкостях определил на опыте Архимед. **Закон Архимеда** формулируется так: *на тело, погруженное в жидкость или газ, действует выталкивающая сила, равная весу того количества жидкости или газа, которое вытеснено погруженной частью тела.*

Рассмотрим теоретический вывод закона Архимеда. В сосуд (рис. 56) налита жидкость и погружено тело, имеющее форму куба. Ребро куба равно l. Верхняя грань куба находится от поверхности жидкости на глубине h, а нижняя - на глубине h+l. На все грани куба жидкость оказывает давление. При этом силы давления, действующие на боковые грани куба, взаимно компенсируются. На верхнюю грань куба действует направленная вниз сила давления F1, модуль которой

F1=жghS    (5.6)

где ж - плотность жидкости; S - площадь грани куба. На нижнюю грань куба действует направленная вверх сила давления F2, модуль которой

F2=жg(h+l)S.    (5.7)

Так как h<h+l, то F1<F2, т.е. равнодействующая этих двух сил направлена вертикально вверх и представляет собой *выталкивающую* (*архимедову*) силу:

FA=F2-F1    (5.8)

Подставив (5.6) и (5.7) в (5.8), найдем, что модуль архимедовой силы

Fa=жglS=жgV=Pж    (5.9)

где V - объем куба (т. е. объем жидкости, вытесненной погруженным телом); Pж - вес вытесненной жидкости. Следовательно, *выталкивающая сила по модулю равна весу жидкости, вытесненной погруженной частью тела.*

Архимедова сила FA приложена к телу в центре масс вытесненной телом жидкости и направлена против силы тяжести, действующей на это тело. (Необходимо помнить, что закон Архимеда справедлив только при наличии тяжести. В условиях невесомости он не выполняется.)

**Условие плавания тел**

Поведение тела, находящегося в жидкости или газе, зависит от соотношения между модулями силы тяжести Fт и архимедовой силы FA, которые действуют на это тело. Возможны следующие три случая:

1. Fт>FA - тело тонет;
2. Fт=FA - тело плавает в жидкости или газе;
3. Fт<FA - тело всплывает до тех пор, пока не начнет плавать.

**Проверка справедливости закона Архимеда для газов**

Под колокол вакуумного насоса (рис. 57) помещают равноплечие весы, на которые подвешены пустотелый стеклянный шар большого объема и гиря, уравновешивающая вес этого шара в воздухе. Если откачать из-под колокола воздух, то равновесие нарушится и коромысло весов, на котором подвешен шар, опустится вниз. Объясним это явление.

Как отмечалось, вес Р'ш шара в воздухе был уравновешен весом Р'г гири в воздухе, т. е. Р'ш= Р'г. Но если справедлив закон Архимеда, то и на шар, и на гирю в воздухе действуют выталкивающие силы. Поэтому вес шара в воздухе равен Р'ш= Рш-Fш, а вес гири в воздухе Р'г= Рг-Fг, где Рг и Рш - истинные веса гири и шара, т. е. их веса в пустоте, a Fг и Fш - архимедовы выталкивающие силы, действующие соответственно на гирю и шар.

Согласно (5.9), Fш=вgVш и Fг=вgVг, где в - плотность воздуха, Vш - объем шара, Vг - объем гири. Так как Vш >>Vг, то выталкивающая сила Fш, действующая на шар, значительно больше выталкивающей силы Vг, действующей на гирю. Поэтому наблюдаемое в воздухе равновесие шара и гири не означает одинаковости их весов в пустоте. На самом деле истинный вес шара Pш больше истинного веса гири Pг. Это сразу обнаруживается, когда из-под колокола насоса откачивают воздух. Весы выходят из равновесия, шар опускается вниз. Таким образом, данный опыт наглядно показывает справедливость закона Архимеда и для газов.

На использовании действия архимедовой силы в газах основано воздухоплавание - полеты дирижаблей, аэростатов и т. п.

Билет 14

## Механическая работа. Мощность

### Механическая работа

Если действующая на тело сила F вызывает его перемещение s, то действие этой силы характеризуется величиной, называемой *механической работой* (или, сокращенно, просто *работой*).

*Механической работой А* называют скалярную величину, равную произведению модуля силы F, действующей на тело, и модуля перемещения s, совершаемого телом в направлении действия этой силы, т. е.

А=Fs.    (3.9)

В случае, описываемом формулой (3.9), направление перемещения тела совпадает с направлением силы. Однако чаще встречаются случаи, когда сила и перемещение составляют между собой угол, не равный нулю или . (рис. 30)

Разложим силу F на две взаимно перпендикулярные составляющие F1 и F2 (F=F1+F2). Поскольку механическая работа - величина скалярная, то работа силы F равна алгебраической сумме работ сил F1 и F2, т. е. А=А1+А2.

Под действием силы F2 тело перемещения не совершает, так как F2s. Поэтому A2=0. Следовательно, работа А=А1=F1s. Из рисунка видно, что F1=Fcos. Поэтому

А=Fsсоs.    (3.10)

Таким образом, в общем случае механическая работа равна произведению модуля силы и модуля перемещения на косинус угла между направлениями силы и перемещения. Работа силы, направленной вдоль перемещения тела, положительна, а силы, направленной против перемещения тела, - отрицательна. По формулам (3.9) и (3.10) вычисляют работу постоянной силы. Единицу механической работы устанавливают из формулы (3.9). В СИ за единицу работы принята работа силы 1 Н при перемещении точки ее приложения на 1 м. Эта единица имеет наименование джоуль (Дж):
1 Дж = 1Н·1м.

### Мощность

*Мощностью N* называют величину, равную отношению работы А к промежутку времени t, в течение которого эта работа была совершена:

N=A/t    (3.11)

Из формулы (3.11) следует, что в СИ единицей мощности яв-ляется 1 Дж/с (джоуль в секунду). Эту единицу иначе называют ватт (Вт), 1 Вт= 1 Дж/с.

Связь между мощностью и скоростью при равномерном движении найдем, подставив (3.10) в (3.11):

N=Fvcos.

(Эта формула справедлива и для переменного движения, если под N понимать мгновенную мощность, а под V - мгновенную скорость). Если направление силы совпадает с направлением перемещения, то cos=1 и N=Fv. Из последней формулы следует, что

F=N/v и v=N/F.

Из этих формул видно, что при постоянной мощности двигателя скорость движения обратно пропорциональна силе тяги и наоборот. На этом основан принцип действия коробки скоростей (коробки перемены передач) различных транспортных средств.

Билет 15

## Применение простых механизмов

Видов простых механизмов очень много. Это и рычаг, и блок, и клин, и многие другие. Простыми механизмами в физике называют приспособления, служащие для преобразования силы. Наклонная плоскость, которая помогает вкатывать или втаскивать тяжелые предметы наверх – это тоже простой механизм. **Применение простых механизмов очень распространено** как в производстве, так и в быту. Чаще всего простые механизмы применяют для того, чтобы получить выигрыш в силе, то есть увеличить в несколько раз силу, действующую на тело.

## Рычаг в физике - простой механизм

Один из самых простых и распространенных механизмов, который изучают в физике еще в седьмом классе – рычаг. Рычагом в физике называют твердое тело, способное вращаться вокруг неподвижной опоры.

**Различают два вида рычагов.** У рычага первого рода точка опоры находится между линиями действия приложенных сил. У рычага второго рода точка опоры расположена по одну сторону от них. То есть, если мы пытаемся при помощи лома сдвинуть с места тяжелый предмет, то рычаг первого рода – это ситуация, когда мы подкладываем брусок под лом, надавливая на свободный конец лома вниз. Неподвижной опорой у нас в данном случае будет являться брусок, а приложенные силы располагаются по обе стороны от него.  А рычаг второго рода – это когда мы, подсунув край лома под тяжесть, тянем лом вверх, пытаясь таким образом перевернуть предмет. Здесь точка опоры находится в месте упора лома о землю, а приложенные силы расположены по одну сторону от точки опоры.

## Закон равновесия сил на рычаге

Используя рычаг, мы можем получить выигрыш в силе и поднять неподъемный голыми руками груз. Расстояние от точки опоры до точки приложения силы называют плечом силы. Причем, **можно рассчитать равновесие сил на рычаге по следующей формуле:**

**F1 / F2 = l2 / l1**,

где F1 и F2 – силы, действующие на рычаг,
а l2 и l1 – плечи этих сил.

**Это и есть закон равновесия рычага**, который гласит: рычаг находится в равновесии тогда, когда действующие на него силы обратно пропорциональны плечам этих сил. Этот закон был установлен Архимедом еще в третьем веке до нашей эры. Из него следует, что меньшей силой можно уравновесить большую. Для этого необходимо, чтобы плечо меньшей силы было больше плеча большей силы. А выигрыш в силе, получаемый с помощью рычага, определяется отношением плеч приложенных сил.

Начав использоваться с глубокой древности, рычаг повсеместно применяется и в наши дни, как на производстве, например, подъемные краны, так и в быту, например, ножницы, весы и так далее.

Билет 16

## Приложение закона равновесия

Блок представляет собой устройство, которое состоит из колеса с желобом, по которому пропускают, трос, веревку или цепь, а также прикрепленной к оси колеса обоймы с крюком. Блок может быть неподвижным и подвижным. У неподвижного блока ось закреплена, и она не двигается при подъеме или опускании груза. Неподвижный блок помогает изменить направление действия силы. Перекинув через такой блок, подвешенный вверху, веревку, мы можем, поднимать груз вверх, сами при этом находясь внизу. Однако выигрыша в силе применение неподвижного блока нам не дает. Мы можем представить блок в виде рычага, вращающегося вокруг неподвижной опоры – оси блока. Тогда радиус блока будет равен плечам, приложенных с двух сторон сил, – силы тяги нашей веревки с грузом с одной стороны и силы тяжести груза с другой. Плечи будут равны, соответственно, выигрыша в силе нет.

Иначе обстоит дело с подвижным блоком. Подвижный блок перемещается вместе с грузом, он как бы лежит на веревке. В таком случае точка опоры в каждый момент времени будет находиться в месте соприкосновения блока с веревкой с одной стороны, воздействие груза будет приложено к центру блока, где он и крепится на оси, а сила тяги будет приложена в месте соприкосновения с веревкой с другой стороны блока. То есть плечом веса тела будет радиус блока, а плечом силы нашей тяги – диаметр. Диаметр, как известно, в два раза больше радиуса, соответственно, плечи различаются по длине в два раза, и выигрыш в силе, получаемый с помощью подвижного блока, равен двум. На практике применяют комбинацию неподвижного блока с подвижным. Закрепленный вверху неподвижный блок не дает выигрыша в силе, однако помогает поднимать груз, стоя внизу. А подвижный блок, перемещаясь вместе с грузом, увеличивает прикладываемую силу вдвое, помогая поднимать большие грузы на высоту.

## Золотое правило механики

Возникает вопрос: а дают ли применяемые устройства выигрыш в работе? Работа есть произведение пройденного пути на приложенную силу. Рассмотрим рычаг с плечами, различающимися в два раза по длине плеча. Этот рычаг даст нам выигрыш в силе в два раза, однако, в два раза большее плечо при этом пройдет в два раза больший путь. То есть, несмотря на выигрыш в силе, совершенная работа будет одинакова. В этом и заключается равенство работ при использовании простых механизмов: во сколько раз мы имеем выигрыш в силе, во столько раз, мы проигрываем в расстоянии. **Это правило называется золотым правилом механики**, и оно применимо абсолютно ко всем простым механизмам. Поэтому простые механизмы облегчают труд человека, но не уменьшают совершаемую им работу. Они просто помогают переводить одни виды усилий в другие, более удобные в конкретной ситуации.

Билет 17

## Равенство работ при использовании простых механизмов

Мы видим, что с помощью простых механизмов можно получить выигрыш в силе. А дают ли простые механизмы выигрыш в работе?

Рассчитаем работу, которую совершает сила F при подъеме груза с помощью наклонной плоскости (см. рис. 1):



Подставим найденные значения силы и получим



Таким образом, работа *A*F равна [работе](http://www.physbook.ru/index.php/%D0%A2._%D0%A0%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0#.D0.A0.D0.B0.D0.B1.D0.BE.D1.82.D0.B0_.D1.81.D0.B8.D0.BB.D1.8B_.D1.82.D1.8F.D0.B6.D0.B5.D1.81.D1.82.D0.B8), которую нужно совершить, чтобы равномерно поднять груз на высоту *h*, не используя наклонной плоскости.

Не дает выигрыша в работе и рычаг. Действительно, если уравновешенный рычаг (рис. 6) привести в движение, то точки приложения сил *F*1 и *F*2 за одно и то же время совершат разные перемещения Δ*r*1 и Δ*r*2. При этом (считаем угол *α* поворота рычага небольшим) Δ*r*1 = *l*1*α*, Δ*r*2 = *l*2*α* Следовательно, эти силы совершат работу *A*1 = *F*1Δ*r*1 = *F*1*l*1*α* и *A*2 = *F*2Δ*r*2 = *F*2*l*2*α*. Так как *F*1*l*1 = *F*2*l*2, то *A*1 = *A*2.



Рис. 6

При использовании неподвижного блока мы видим, что приложенные силы *F* и *mg* равны и пути, пройденные точками приложения сил при подъеме груза, тоже одинаковы, а значит, одинаковы и работы.

Чтобы при помощи подвижного блока поднять груз на высоту *h*, необходимо конец веревки, к которому приложена сила *F*, переместить на 2*h*. Следовательно, *A*1 = *mgh* и .

Таким образом, получая выигрыш в силе в два раза, проигрывают в два раза в перемещении, следовательно, и подвижный блок выигрыша в работе не дает.

Многовековая практика показала, что ни один из простых механизмов не дает выигрыша в работе.

Еще древние ученые сформулировали правило ("золотое правило механики"), применяемое ко всем механизмам: во сколько раз выигрываем в силе, во столько раз проигрываем в расстоянии.

При рассмотрении простых механизмов мы не учитываем трение, а также вес самих механизмов. В реальных условиях это необходимо учитывать. Поэтому часть работы совершается силой *F* на перемещение отдельных частей механизма и против силы трения. Работа же по подъему груза *A*p (полезная работа) будет меньше полной работы *А* (работы, которую совершает сила *F*).

Билет 18



Эффективность работы механизма характеризуют коэффициентом полезного действия (КПД механизма):

Коэффициент полезного действия — физическая величина, равная отношению полезной работы *A*p ко всей затраченной работе *А*:



Работа  совершённая, приложенной силой  называется **полной работой.  Полезной работой** является работа по подъёму груза или преодоления какого-либо сопротивления.  На практике полная работа всегда больше полезной работы.  Часть работы совершается против сил трения в механизме и по перемещению его отдельных частей.  Так,  поднимая груз с помощью подвижного блока, приходится совершать работу по подъему не только груза, но и самого блока, веревки, совершать работу по преодолению сил трения в оси блока.

    Какой бы механизм мы не взяли, полезная работа, совершённая с его помощью, всегда будет составлять лишь часть полной работы.

    **Отношение полезной работы к полной работе называют коэффициентом полезного действия.**  (Сокращённо обозначают коэффициент полезного действия  **КПД).**



где  **Ап** – полезная работа,  **А** – полная работа.  КПД обычно выражают в процентах.

 КПД любого механизма всегда меньше единицы, так как  **Ап**  (полезная работа)  всегда меньше  чем  **А**  (полная работа).