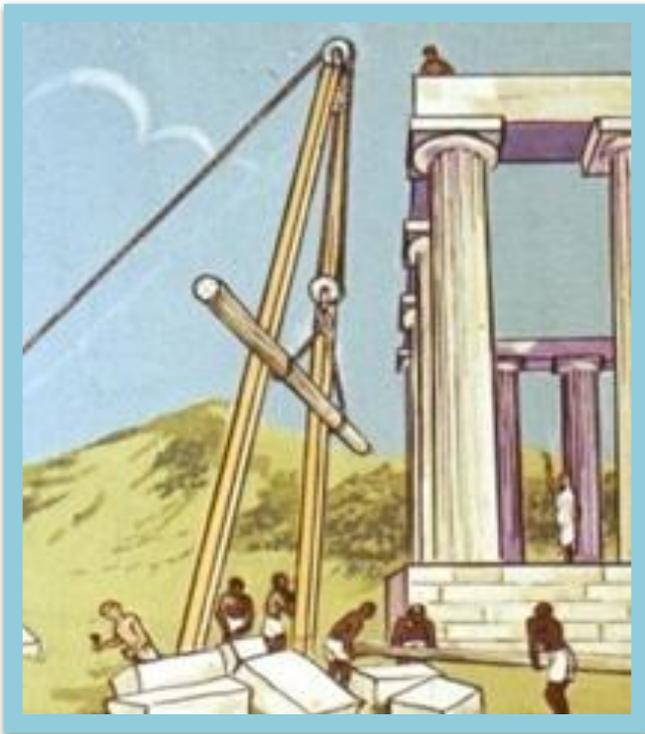


# Задачи на тему: « Простые механизмы »



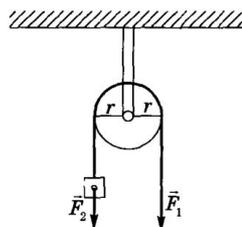
Выполнила учитель  
физики МБОУ  
« КСОШ №1 »  
Старкова Г.В.

# Неподвижный и подвижный блок

- **Неподвижный блок.**

Действие неподвижного блока аналогично действию **рычага** с равными плечами  $l_1 = l_2 = r$ . Приложенная **сила**  $F_1$  равна нагрузке  $F_2$ , и условие равновесия имеет вид:  $F_1 = F_2$ .

- Неподвижный блок применяют, когда нужно изменить направление силы, не меняя ее величину.

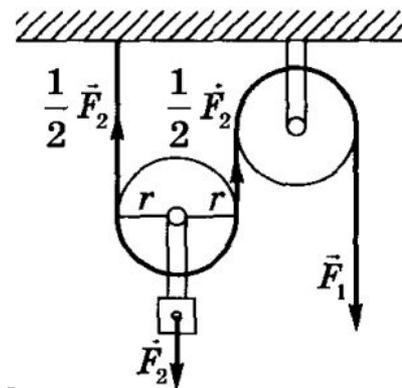


- **Подвижный блок** действует аналогично рычагу, плечи которого составляют:  $l_2 = l_1 / 2 = r$ . При этом условие равновесия имеет вид:

$$F_1 = \frac{F_2}{2}$$

где  $F_1$  — приложенная сила,  $F_2$  — нагрузка.

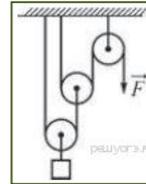
Применение подвижного блока дает выигрыш в силе в два раза.



# Блоки

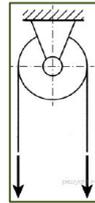
1. Найти силу натяжения троса при подъеме груза массой 200 кг с ускорением, если к блоку, на который наматывается трос, приложена сила 2500 Н. Масса блока 20 кг, какого ускорение груза?
2. Найдите натяжения  $T_1$  и  $T_2$  нитей  $abcd$  и  $se$  в устройстве с подвижным блоком, изображенном на рис 5а. Массы тел соответственно равны  $m_1 = 3$  кг и  $m_2 = 2$  кг.
3. В системе блоков, показанной на рисунке, блоки и нити лёгкие, трение пренебрежимо мало. Какой выигрыш в силе даёт эта система блоков?

- 1) в 2 раза
- 2) в 3 раза
- 3) в 4 раза
- 4) в 8 раза



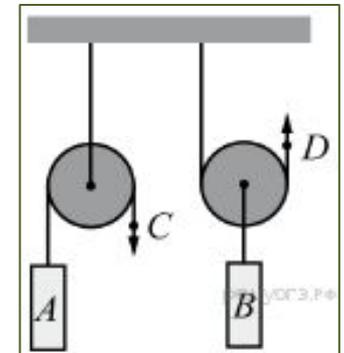
4. Неподвижный блок (см. рисунок)

- 1) даёт выигрыш и в силе, и в работе
- 2) даёт выигрыш только в силе
- 3) даёт выигрыш только в работе
- 4) не даёт выигрыша ни в силе, ни в работе

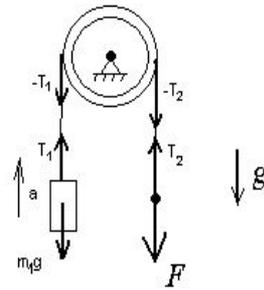


5. На рисунке изображены блоки, при помощи которых равномерно поднимают грузы одинаковой массы, перемещая свободные концы канатов с одинаковой скоростью. Какое из представленных утверждений о скорости перемещения грузов верно?

- 1) Скорость груза  $A$  меньше скорости перемещения точки  $C$  каната.
- 2) Скорость груза  $A$  равна скорости перемещения точки  $C$  каната.
- 3) Скорость груза  $B$  больше скорости перемещения точки  $D$  каната.
- 4) Скорость груза  $B$  равна скорости перемещения точки  $D$  каната.



№1  
Решение



**Дано:**

$m_1 = 200 \text{ кг}$

$F = 2500 \text{ Н}$

$m_2 = 20 \text{ кг}$

**Найти:**  $F$ ,  $a$

**Решение:**

1. Блок будем считать однородным цилиндром; его момент инерции.

$$J = \frac{1}{2} \cdot m \cdot R^2$$

2. Запишем уравнения динамики согласно второму закону Ньютона:

$$m_1 \cdot a = T_1 - m_1 \cdot g$$

$$0 = F - T_2$$

3. Откуда можем выразить разность натяжений нити по обе стороны блока:

$$T_2 - T_1 = F - m_1 \cdot (g + a)$$

4. На блок действует момент сил, который приводит его во вращение:

$$M = (T_2 - T_1) \cdot R$$

$$M = J \cdot \epsilon = \left( \frac{1}{2} m \cdot R^2 \right) \cdot \frac{a}{R} = \frac{1}{2} m \cdot R \cdot a$$

$$(T_2 - T_1) \cdot R = \frac{1}{2} m \cdot R \cdot a$$

$$(T_2 - T_1) \cdot R = \frac{1}{2} m \cdot R \cdot a$$

$$T_2 - T_1 = \frac{1}{2} m \cdot a$$

5. Из системы уравнений (3) и (4), найдем ускорение:

$$F - m_1 \cdot (g + a) = \frac{1}{2} m \cdot a$$

$$a = \frac{2 \cdot (F - g \cdot m_1)}{m + 2 \cdot m_1}$$

**$a = 2571 \text{ м/с}^2$**

6. Сила натяжения троса со стороны приложения силы:

**$T_2 = 25000 \text{ Н}$**

7. Сила натяжения троса со стороны груза:

$$T_2 = F$$

$$T_1 = T_2 - \frac{1}{2} m \cdot a$$

$$T_1 = \frac{m_1 \cdot (2 \cdot F + g \cdot m)}{m + 2 \cdot m_1}$$

**$T_1 = 2474000 \text{ Н}$**

№2  
Решение

- Так как массой нитей и блоков можно пренебречь, то натяжение нитей одинаково во всех сечениях. Нить *abcd*, огибающая блоки, действует на тело  $m_1$  и на левую и правую стороны подвижного блока с одинаковой силой  $\vec{T}_1$  (рис 5б). Нить *ce*, соединяющая тело массой  $m_2$  с подвижным блоком, действует на них с одинаковыми по модулю силами.
- Координатную ось  $Y$  направим вверх. Учитывая, что  $T_a = T_d = T_1, T_b = T_c = T_2, T_{1y} = T_1, T_{2y} = T_2, T'_{2y} = -T_2, F_{1y} = -m_1g, F_{2y} = -m_2g$ ,
- получим следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} m_1 a_{1y} &= T_1 - m_1 g, \\ m_2 a_{2y} &= T_2 - m_2 g, \\ 2T_1 - T_2 &= 0. \end{aligned}$$

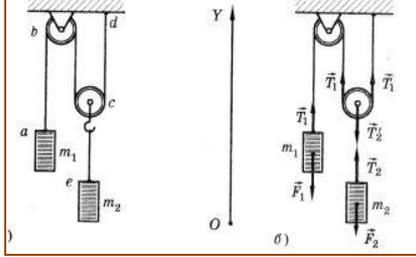
- Последнее уравнение написано для подвижного блока с учетом того, что его масса равна нулю.
- Система трех уравнений содержит четыре неизвестных:  $T_1, T_2, a_{1y}, a_{2y}$
- Необходимо добавить уравнение кинематической связи:  $a_{1y} = -2a_{2y}$

Мы получили систему из четырех уравнений для четырех неизвестных. На этом стадия постановки задачи заканчивается. Дальше мы, став на время математиками, решаем эту систему уравнений и получаем:

$$a_{2y} = \frac{g(2m_1 - m_2)}{4m_1 + m_2} \approx 2,8 \text{ м/с}^2,$$

$$T_1 = \frac{3m_1 m_2 g}{4m_1 + m_2} = 12,6 \text{ Н}$$

- Учитывая, что  $T_2 = 2T_1$ ,
- получим  $T_2 = 25,2 \text{ Н}$ . Так как  $a_{2y} > 0$ , то ускорение  $\vec{a}_2$  направлено вверх.
- Проекция ускорения первого тела  $a_{1y} < 0$ , проекция ускорения  $\vec{a}_1$  показывает, что ускорение первого тела направлено противоположно оси  $Y$ , т.е. вниз.



Знак минус у

- Решение №3 3      №4 4      №5 2

## Решение задачи №5

- Для первого блока: скорость груза  $A$  будет равна скорости перемещения точки  $C$  каната (так как точка  $C$  непосредственно связана с грузом  $A$  нитью и для подъема груза на величину  $X$  необходимо переместить точку  $C$  на  $X$  вниз). Для второго блока: скорость перемещения груза  $B$  будет меньше, чем скорость перемещения точки  $D$ , так как для подъема груза  $B$  на величину  $X$  необходимо переместить точку  $D$  на  $2X$ .
- Правильный ответ указан под номером 2.

# Рычаг

**Рычаг** представляет собой твердое тело, способное вращаться вокруг неподвижной опоры.

**Правило рычага** гласит:

Рычаг находится в равновесии, если приложенные к нему силы обратно пропорциональны их плечам:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{l_1}{l_2}$$

Из формулы, применив к ней свойство пропорции (произведение крайних членов пропорции равно произведению ее средних членов), можно получить такую формулу:

$$F_1 l_1 = F_2 l_2.$$

Но  $F_1 l_1 = M_1$  — момент силы, стремящейся повернуть рычаг по часовой стрелке, а  $F_2 l_2 = M_2$  — : момент силы, стремящейся повернуть рычаг против часовой стрелки.

Таким образом,  $M_1 = M_2$ , что и требовалось доказать.

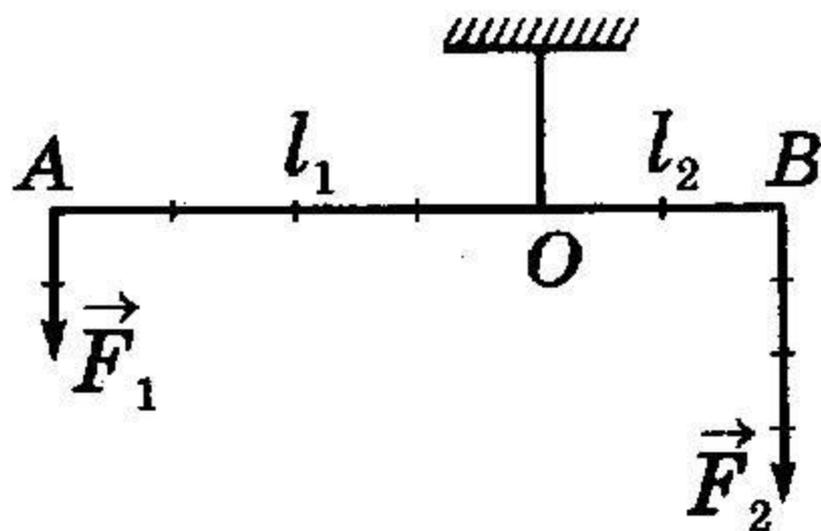
Рычаг начал применяться людьми в глубокой древности. С его помощью удавалось поднимать тяжелые каменные плиты при постройке пирамид в Древнем Египте. Без рычага это было бы невозможно. Ведь, например, для возведения пирамиды Хеопса, имеющей высоту 147 м, было использовано более двух миллионов каменных глыб, самая меньшая из которых имела массу 2,5 тонн!

В наше время рычаги находят широкое применение как на производстве (например, подъемные краны), так и в быту (ножницы, кусачки, весы).

# Правило рычага

---

Архимед (III в. до н.э.)



$l_1, l_2$  – плечи сил

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$$

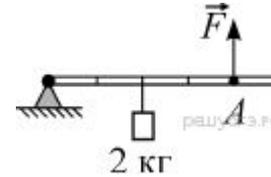
ВЫИГРЫШ В СИЛЕ =  $\frac{l_2}{l_1}$

Рычаг находится в равновесии, если приложенные к нему силы обратно пропорциональны их плечам

---

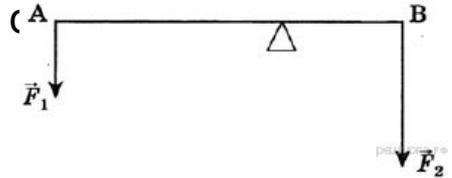
## Задачи

1. На шарнире укреплен конец лёгкого рычага, к которому прикреплена гиря массой 2 кг (см. рисунок). С какой силой нужно тянуть за рычаг вверх в точке А для того, чтобы рычаг находился в равновесии?



- 1) 2 Н
- 2) 4 Н
- 3) 10 Н
- 4) 20 Н

2. Рычаг находится в равновесии под действием двух сил. Сила  $F_1 = 6$  Н. Чему равна сила  $F_2$ , если длина рычага 25 см, а плечо силы  $F_1$  равно 15 см

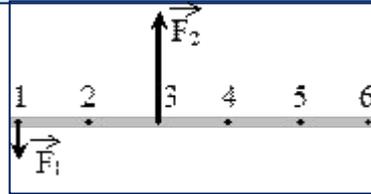


- 1) 0,1 Н
- 2) 3,6 Н
- 3) 9 Н
- 4) 12 Н

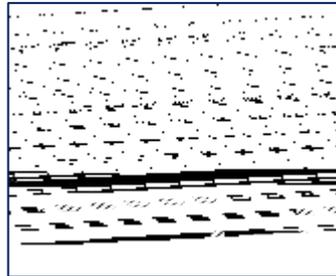
3. На шарнире укреплен конец лёгкого рычага, к которому прикреплена гиря массой 1 кг (см. рисунок). С какой силой нужно тянуть за рычаг вверх в точке А для того, чтобы рычаг находился в равновесии?

- 1) 2 Н
- 2) 20 Н
- 3) 25 Н
- 4) 50 Н

4. На рисунке изображен тонкий невесомый стержень, к которому в точках 1 и 3 приложены силы  $F_1 = 100$  Н и  $F_2 = 300$  Н. В какой точке надо расположить ось вращения, чтобы стержень находился в равновесии?  
 1) В точке 2    2) В точке 6    3) В точке 4    4) В точке 5



5. Груз А колодезного журавля (см. рисунок) уравнивает вес ведра, равный 100 Н. (Рычаг считайте невесомым.) Вес груза равен 1) 20 Н 2) 25 Н 3) 400 Н 4) 500 Н



6. При каких условиях наблюдается равновесие рычага с неподвижной осью и свободное падение тел вблизи поверхности Земли? К каждой позиции первого столбца подберите нужную позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. **ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ**

А) Равновесие рычага    Б) Свободное падение

УСЛОВИЯ НАБЛЮДЕНИЯ    1)  $F_{\text{равнодейств}} = 0$     2)

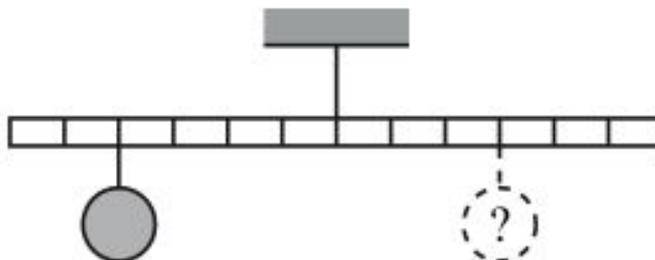
$F_1 l_1 = F_2 l_2$     3)  $F_{\text{равнодейств}} = F_{\text{тяж}}$

## № 7 (Базовый уровень)

### Условие равновесия твердого тела.

5

Тело массой  $0,3 \text{ кг}$  подвешено к невесомому рычагу так, как показано на рисунке. Груз какой массы надо подвесить к третьей метке в правой части рычага для достижения равновесия?



Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

## Решение

1. Рычаг будет находиться в равновесии, если суммарный момент сил, действующий на него будет равен нулю. Пусть расстояние от шарнира до точки крепления груза равно  $l$ , тогда расстояние от шарнира до точки  $A$  будет равно  $2l$ . Запишем уравнение для равенства моментов сил:  $2l \cdot F = l \cdot mg$ . Откуда  $F = mg/2 = 2 \cdot 10/2 = 10$  Н.

Правильный ответ указан под номером: 3.

2. Для тела, находящегося в равновесии сумма моментов сил, действующих на тело равна нулю:

где  $l_1$  и  $l_2$  длины плеч первого и второго рычага соответственно. Выразим силу  $F_2$ . Правильный ответ указан под номером 3.

3. Рычаг будет находиться в равновесии, если суммарный момент сил, действующий на него будет равен нулю. Пусть расстояние от шарнира до точки  $A$  равно  $l$ , тогда расстояние от шарнира до точки крепления груза будет равно  $2,5l$ . Запишем уравнение для равенства моментов сил:  $l \cdot F = 2,5l \cdot mg$ . Откуда  $F = 2,5mg = 2,5 \cdot 1 \cdot 10 = 25$  Н.

Правильный ответ указан под номером: 3.

4. 4

5. 3

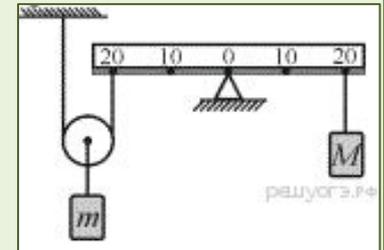
6. А 2, Б 1

7. **Ответ: 0,4 кг**

# Рычаги и блоки

1. На рисунке показана система, состоящая из очень лёгкого рычага и невесомого подвижного блока. К оси блока прикреплена гиря массой  $m = 2$  кг. Гирю какой массой  $M$  нужно подвесить к правому концу рычага, чтобы система находилась в равновесии?

- 1) 0,5 кг
- 2) 1 кг
- 3) 2 кг
- 4) 4 кг



Для того чтобы рычаг находился в равновесии необходимо, чтобы выполнялось равенство моментов сил, относительно точки опоры, т. е.:  $F_1 l_1 = F_2 l_2$

Причем,  $l_1 = l_2$  значит:  $F_1 = F_2$

Рассмотрим силу действующую на невесомый блок, к которому прикреплен груз массой  $m$ . Помимо силы тяжести на блок действуют две равные силы натяжения двух нитей. По второму закону Ньютона:  $mg - 2T = 0$

На плечо рычага со стороны блока действует сила  $-T$  (по третьему закону Ньютона).

Так как :  $T = mg/2$                        $mg/2 = Mg$      $M = 1$  кг

Или Правильный ответ указан под номером 2

## Коэффициент полезного действия (КПД)

— отношение полезной работы ко всей затраченной работе.

Коэффициент полезного действия часто выражают в процентах и обозначают греческой буквой  $\eta$  («эта»):

$$\eta = \frac{A_n}{A_z} \cdot 100\%$$

где  $A_n$  — полезная работа,  $A_z$  — вся затраченная работа.

Полезная работа всегда составляет лишь часть полной работы, которую затрачивает человек, используя тот или иной механизм.

Часть совершенной работы тратится на преодоление сил трения.

Поскольку  $A_z > A_n$ , КПД всегда меньше 1 (или  $< 100\%$ ).

Когда КПД немного меньше 1, можно считать, что затраченная работа примерно равна полезной:  $A_z \approx A_n$ .

# Задача №1

1. Велосипедист массой 55 кг поднялся на велосипеде массой 5 кг на холм, высота которого 10 м, совершив при этом работу 8 кДж. Найдите коэффициент полезного действия велосипеда. Трение качения колёс о дорогу не учитывайте.

**Решение.** Найдём общую массу велосипеда и велосипедиста:

$$m = 55 \text{ кг} + 5 \text{ кг} = 60 \text{ кг}$$

Найдём их общий вес:

$$P = mg = 60 \text{ кг} * 10 \text{ Н/кг} = 600 \text{ Н}$$

Найдём работу, совершённую на подъём велосипеда и велосипедиста:

$$A_{\text{полезн}} = PS = 600 \text{ Н} * 10 \text{ м} = 6 \text{ кДж}$$

Найдём КПД велосипеда:

$$= A_{\text{полн}} / A_{\text{полезн}} * 100 \% = 8 \text{ кДж} / 6 \text{ кДж} * 100 \% = 133 \%$$

**Ответ:** КПД велосипеда равен 133 %.

На конец плеча рычага подвешено тело массой  $m$ . К другому плечу прилагают силу  $F$ , направленную вниз, и его конец опускается на  $h$ . Найдите, насколько поднялось тело, если коэффициент полезного действия рычага равен  $\eta$  %.

**Решение.** Найдём работу, совершённую силой  $F$ :

$$A = Fh$$

$\eta$  % от этой работы совершено на то, чтобы поднять тело массой  $m$ . Следовательно, на поднятие тела затрачено  $Fh\eta / 100$ . Так как вес тела равен  $mg$ , тело поднялось на высоту  $Fh\eta / 100 / mg$ .

**Ответ:** тело поднялось на высоту  $Fh\eta / 100 / mg$ .

## Задача №2

2. Ведро с песком массой 24,5 поднимают при помощи неподвижного блока на высоту 10 м, действуя на веревку силой 250 Н .Вычислите КПД установки.

Дано  $m = 24,5$  кг

$h = 10$  м

$F = 250$  Н

$g = 9,8$  Н/кг

$\eta$  -?

Решение:  $\eta = A_{\text{п}} / A_{\text{з}} * 100\%$

$A_{\text{п}} = P * h$

$P = m * g = 24,5 \text{ кг} * 9,8 \text{ Н / кг} = 245 \text{ Н}$

$A_{\text{п}} = 245 \text{ Н} * 10 \text{ м} = 2450 \text{ Дж}$

$A_{\text{з}} = F * h$

$A_{\text{з}} = 250 \text{ Н} * 10 \text{ м} = 2500 \text{ Дж}$

$\eta = 2450 / 2500 * 100\% = 98\%$

Ответ :  $\eta = 98\%$

## Задача №3

2. Ящик с гвоздями масса которого 54 кг поднимают, на пятый этаж строящегося дома при помощи подвижного блока, действуя на трос с силой 360 Н. Вычислите КПД установки.

Дано:

$$m = 54 \text{ кг}$$

$$h_1 = X \text{ м}$$

$$h_2 = 2 * X \text{ м}$$

$$F = 360 \text{ Н}$$

$$g = 9,8 \text{ Н/кг}$$

$$\text{Решение: } \eta = A_{\text{п}} / A_{\text{з}} * 100\%$$

$$A_{\text{п}} = P * h_1$$

$$A_{\text{з}} = F * h_2$$

$$P = m * g$$

$$P = 54 \text{ кг} * 9,8 \text{ Н/кг} = 540 \text{ Н} \quad P * X / F * 2X * 100\% = P / 2 F * 100\% \quad \eta = P * h_1 / F * h_2 * 100\% = \eta = 540 / 2 * 360 * 100\% = 75\% \quad \eta - ? \quad \text{Ответ : } \eta = 75\%$$

## Задача №4

4. При равномерном перемещении груза массой 15 кг по наклонной плоскости динамометр, привязанный к грузу, показывает силу, равную 40 Н. Вычислите КПД наклонной плоскости, если ее длина 1,8 м, и высота 30 см.

Дано:

$$m = 15 \text{ кг}$$

$$h = 30 \text{ см} = 0,3 \text{ м}$$

$$F = 40 \text{ Н}$$

$$S = 1,8 \text{ м}$$

$$g = 9,8 \text{ Н/кг}$$

$$\eta - ?$$

$$\text{Решение: } \eta = A_{\text{п}} / A_{\text{з}} * 100\%$$

$$F = 15 \text{ кг} * 9,8 \text{ Н/кг} = 150 \text{ Н}$$

$$P = m * g$$

$$A_{\text{з}} = F * S$$

$$A_{\text{з}} = 40 \text{ Н} * 1,8 \text{ м} = 72 \text{ Дж}$$

$$A_{\text{п}} = P * h \quad A_{\text{п}} = 150 \text{ Н} * 0,3 \text{ м} = 45 \text{ Дж}$$

$$\eta = 45 / 72 * 100\% = 62,5\% \quad \text{Ответ: } \eta = 62,5\%$$

# Наклонная плоскость

Как мы знаем, тяжёлую бочку проще вкатить по наклонным мосткам, чем поднимать вертикально. Мостки, таким образом, являются механизмом, который даёт выигрыш в силе.

В механике подобный механизм называется наклонной плоскостью. **Наклонная плоскость** — это ровная плоская поверхность, расположенная под некоторым углом к горизонту. В таком случае коротко говорят: «наклонная плоскость с углом».

Найдём силу, которую надо приложить к грузу массы  $m$ , чтобы равномерно поднять его по гладкой наклонной плоскости с углом  $\alpha$ . Эта сила  $F$ , разумеется, направлена вдоль наклонной плоскости (рис. 5).

Выберем ось  $X$  так, как показано на рисунке. Поскольку груз движется без ускорения, действующие на него силы уравновешены:

Проектируем на ось  $X$ : 
$$-mgsin\alpha + F = 0 \quad m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F} = \vec{0}$$

откуда

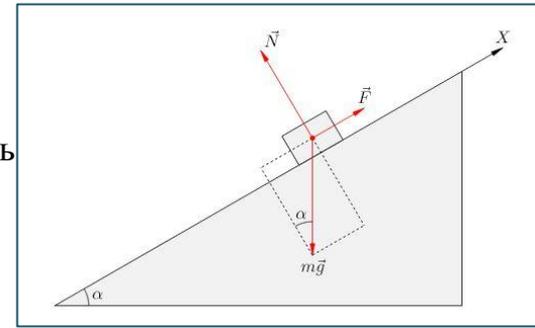
$$F = mgsin\alpha$$

Именно такую силу нужно приложить, что двигать груз вверх по наклонной плоскости.

Чтобы равномерно поднимать тот же груз по вертикали, к нему нужно приложить силу, равную  $mg$ . Видно, что  $F < mg$ , поскольку  $sin\alpha < 1$ . Наклонная плоскость действительно даёт выигрыш в силе, и тем больший, чем меньше угол  $\alpha$ .

Широко применяемыми разновидностями наклонной плоскости являются *клин* и *винт*. **Золотое правило механики.** Ни один из простых механизмов не даёт выигрыша в работе. Во сколько раз выигрываем в силе, во столько же раз проигрываем в расстоянии, и наоборот.

Золотое правило механики есть не что иное, как простой вариант закона сохранения энергии.



## Источники

- <https://phys-oge.sdangia.ru/test?theme=4>
- МИОО: Диагностическая работа по физике 08.10.2012 вариант 1.
- МИОО: Тренировочная работа по физике 07.10.2013 вариант ФИ90101.
- ГИА по физике. Основная волна. Вариант 1313.  
[http://www.abitura.com/open\\_lessons/dynamics/index.html](http://www.abitura.com/open_lessons/dynamics/index.html)
- МИОО: Диагностическая работа по физике 29.04.2014 вариант ФИ90601.
- <https://www.calc.ru/Prostyie-Mekhanizmy-Kpd-Rychaga-Pravilo-Rychaga.html>
- <https://yandex.ru/images/>
- <http://studopedia.org/12-18970.html>
- [http://school5.ucoz.com/ucheniku/zadania/reshenie\\_zadach\\_kartoc](http://school5.ucoz.com/ucheniku/zadania/reshenie_zadach_kartoc)
- <http://www.nado5.ru/e-book/koefficient-poleznogo-deistviya-mekhanizmov>