

Трудные темы предметного содержания. Часть 1

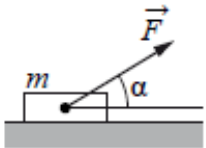


Демидова Марина Юрьевна, д.п.н.

Сила трения и сила Архимеда

Примеры результатов выполнения заданий ЕГЭ по физике

Брусок массой $m = 2$ кг движется поступательно по горизонтальной плоскости под действием постоянной силы, направленной под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (см. рисунок). Коэффициент трения между бруском и плоскостью $\mu = 0,2$. Модуль силы трения, действующей на брусок, равен $2,8$ Н. Чему равен модуль силы F ?



18%

На поверхности пресной воды плотностью $\rho_1 = 1000$ кг/м³ плавает деревянный брусок. Как изменятся масса вытесненной бруском жидкости и действующая на него сила Архимеда, если этот брусок будет плавать на поверхности керосина плотностью $\rho_2 = 800$ кг/м³? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Масса вытесненной бруском жидкости	Сила Архимеда

2 балла - 17%

Сила трения

Сила трения – касательная составляющая силы реакции опоры. Различают случаи вязкого и сухого трения.

- **Вязкое трение** наблюдается при движении твердого тела в жидкости или при наличии жидкой смазки между двумя твердыми телами.
- **Сухое трение** наблюдается при непосредственном контакте двух твердых тел. В этом случае сила трения отлична от нуля не только при наличии относительного движения тел, но и, в общем случае, при его отсутствии.

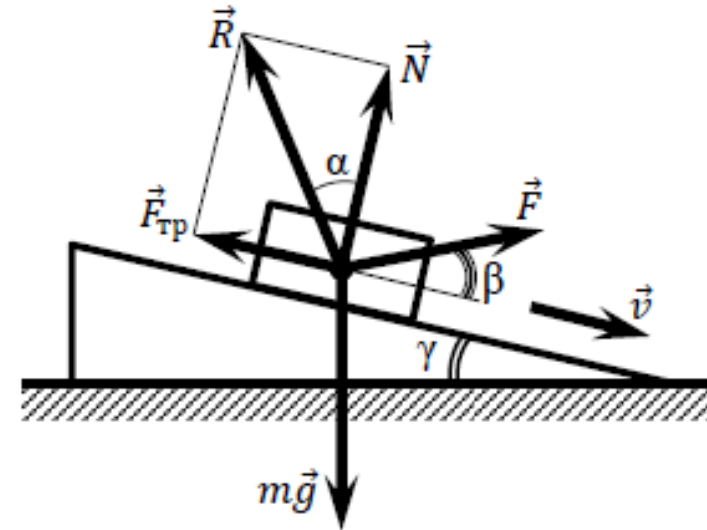
Сила трения

Модельное описание сухого трения выглядит так:

- 1) Величина силы сухого трения **не зависит от площади** соприкосновения тела с опорой.
- 2) **Сила трения скольжения** $\vec{F}_{\text{тр}}$ направлена против скорости $\vec{v}$ движения тела относительно опоры. Модуль $\vec{F}_{\text{тр}}$ связан с модулем нормальной составляющей $\vec{N}$ силы реакции опоры $\vec{R}$ равенством

$F_{\text{тр}} = \mu N$, где μ – **коэффициент трения**, определяемый только свойствами соприкасающихся поверхностей и не зависящий от скорости относительного движения. Отсюда видно, что сила реакции опоры $\vec{R} = \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N}$ образует с нормалью к плоскости опоры угол $\alpha = \text{arctg } \mu$, не зависящий от массы и скорости тела и приложенных к нему других сил.

- 3) **Сила трения покоя:** $F_{\text{тр}} \leq \mu N$. С учётом этого ограничения величина и направление $\vec{F}_{\text{тр}}$ определяются из решения динамической задачи о покое тела относительно опоры.



Сила трения

Независимость силы трения от площади соприкосновения с опорой

Деревянный брусок, площади граней которого связаны отношением $S_1 : S_2 : S_3 = 1 : 2 : 3$, скользит равномерно и прямолинейно под действием горизонтальной силы $\vec{F}$ по горизонтальной шероховатой опоре, соприкасаясь с ней гранью площадью S_1 . Какова масса бруска, если коэффициент трения бруска об опору равен μ ?

1) $\frac{F}{6\mu g}$

2) $\frac{6F}{\mu g}$

3) $\frac{F}{3\mu g}$

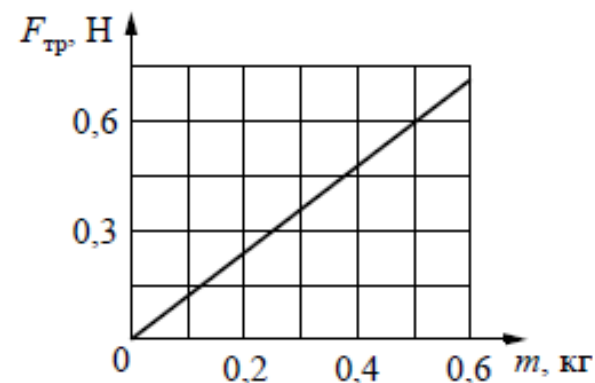
4) $\frac{F}{\mu g}$

Сила трения скольжения на горизонтальной поверхности

Сила трения, действующая на скользящие по горизонтальной дороге стальные санки массой 8 кг, равна 16 Н. Каков коэффициент трения скольжения стали по льду?

Ответ: 0,2.

При исследовании зависимости модуля силы трения скольжения $F_{\text{тр}}$ деревянного бруска по горизонтальной поверхности стола от массы m бруска получен график, представленный на рисунке. Чему равен в этом исследовании коэффициент трения?



Ответ: 0,12 .

При исследовании зависимости модуля силы трения скольжения $\vec{F}_{\text{тр}}$ от модуля нормальной составляющей силы реакции опоры $\vec{N}$ были получены следующие данные:

$F_{\text{тр}}, \text{ Н}$	1,0	2,0	3,0	4,0
$N, \text{ Н}$	2,0	4,0	6,0	8,0

Определите по результатам исследования коэффициент трения скольжения.

Ответ: 0,5.

Сила трения

Действующая сила меньше максимальной силы трения покоя

Стальной брусок массой 20 кг, лежащий на горизонтальной поверхности стола, тянут с горизонтальной силой 50 Н. Коэффициент трения между бруском и столом равен 0,4. Какова сила трения между бруском и столом?

Ответ: 50 Н.

Действующая сила меньше максимальной силы трения покоя. Следовательно, сила трения покоя равна действующей силе.

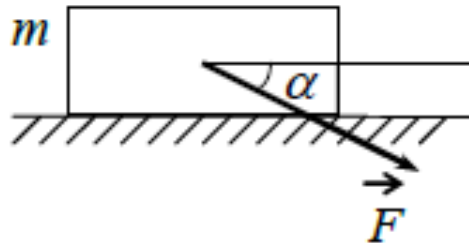
Тело массой 5 кг лежит на горизонтальной поверхности. К телу вначале прикладывали постоянную горизонтальную силу, равную 4 Н, а затем – горизонтальную постоянную силу, равную 12 Н. Коэффициент трения между телом и поверхностью равен 0,4. Во сколько раз сила трения, возникающая во втором случае больше, чем в первом?

Ответ: в 2,5 раза.

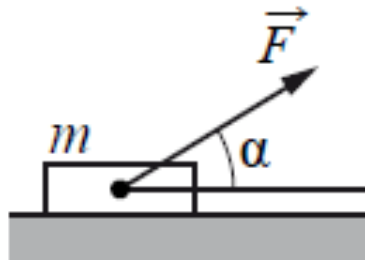
В первом случае действующая сила меньше максимальной силы трения покоя, сила трения равна 4 Н. Во втором случае действующая сила больше максимальной силы трения покоя. Следовательно, сила трения скольжения равна 10 Н. Отношение равно 2,5.

Сила трения

Пусть брусок равномерно движется по горизонтальной поверхности под действием силы $\vec{F}$. На брусок, кроме сил $\vec{F}$ и $\vec{F}_{\text{тр}}$, действуют ещё сила тяжести $m\vec{g}$ и нормальная составляющая силы реакции опоры $\vec{N}$.



$$F_{\text{тр}} = \mu(mg + F\sin\alpha)$$

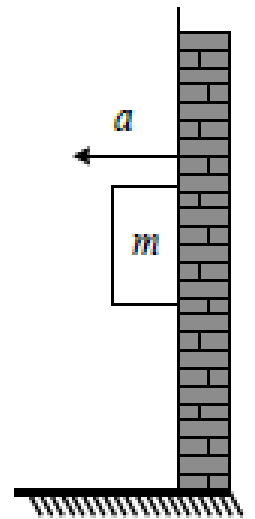


$$F_{\text{тр}} = \mu(mg - F\sin\alpha)$$

Сила трения

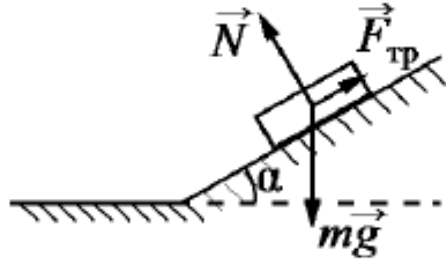
К подвижной вертикальной стенке приложили кирпич массой m . Каков коэффициент трения между кирпичом и стенкой, если минимальное ускорение, с которым надо передвигать стенку влево, чтобы кирпич не соскользнул вниз, равно a ?

$$ma = N; \quad mg = F_{\text{тр}}; \quad F_{\text{тр}} = \mu N. \quad \text{Следовательно, } \mu = g/a.$$



Сила трения

Сила трения на наклонной плоскости



$$F_{\text{тр}} = mg \sin \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$\mu = \operatorname{tg} \alpha_{\text{max}}$$

На шероховатой наклонной плоскости покоится деревянный брусок. Угол наклона плоскости увеличили, но брусок относительно плоскости остался в покое. Как изменились при этом сила трения покоя, действующая на брусок, и коэффициент трения бруска о плоскость?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила трения покоя, действующая на брусок	Коэффициент трения бруска о плоскость
1	3

Сила Архимеда

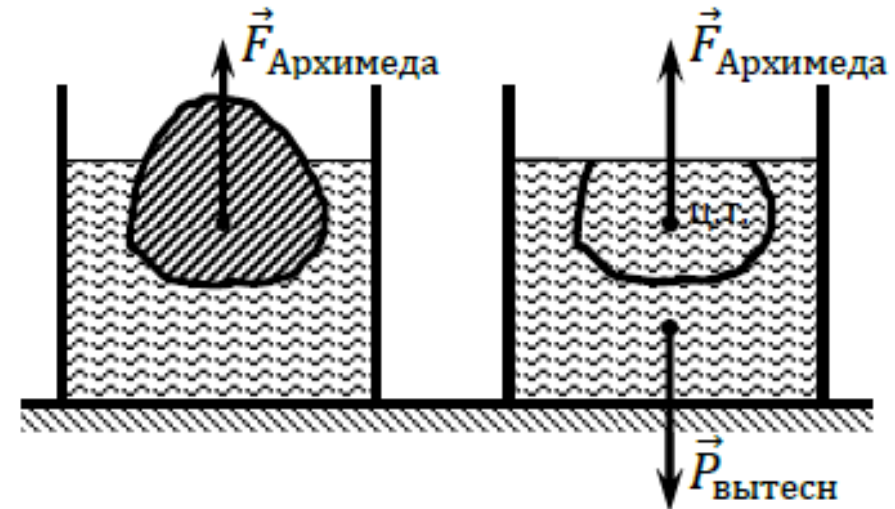
Закон Архимеда.

Если тело погружено в жидкость (газ) и они покоятся друг относительно друга, то на тело со стороны жидкости (газа) действует выталкивающая сила $\vec{F}_{\text{Архимеда}}$ (сила Архимеда).

Она равна по величине и противоположна по направлению силе, с которой жидкость (газ) в объёме погружённой части тела действует на окружающую жидкость (газ), то есть весу жидкости (газа) в объёме погружённой части тела $\vec{P}_{\text{вытесн}}$. Поэтому

$$\vec{F}_{\text{Архимеда}} = -\vec{P}_{\text{вытесн}}.$$

Сила Архимеда приложена к центру тяжести жидкости (газа) в объёме погружённой части тела.



Сила Архимеда

Если тело и жидкость плотностью ρ покоятся друг относительно друга в ИСО, то

$$F_{\text{Архимеда}} = P_{\text{вытесн}} = m_{\text{вытесн}} g = \rho g V_{\text{вытесн}} .$$

Если тело и жидкость плотностью ρ покоятся друг относительно друга, но движутся с ускорением $\vec{a}$ относительно ИСО, то

$$F_{\text{Архимеда}} = P_{\text{вытесн}} = m_{\text{вытесн}} |\vec{g} - \vec{a}| = \rho |\vec{g} - \vec{a}| V_{\text{вытесн}} .$$

Отсюда видно, что при свободном падении ($\vec{g} = \vec{a}$) сила Архимеда равна нулю.

Сила Архимеда

Условие плавания тел.

А) тело и жидкость покоятся в ИСО. Тогда действующие на тело силы уравновешивают друг друга:

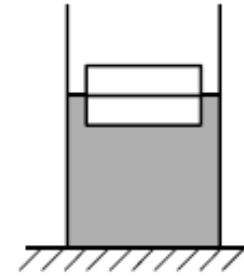
$$\vec{F}_{\text{тяж}} + \vec{F}_{\text{Архимеда}} = 0, \text{ то есть } m\vec{g} - m_{\text{вытесн}}\vec{g} = 0.$$

Б) тело и жидкость покоятся друг относительно друга, но движутся с ускорением $\vec{a}$ относительно ИСО. Тогда

$$\vec{F}_{\text{тяж}} + \vec{F}_{\text{Архимеда}} = m\vec{a}, \text{ то есть } m\vec{g} - m_{\text{вытесн}}(\vec{g} - \vec{a}) = m\vec{a}.$$

Сила Архимеда

Два одинаковых бруска толщиной 5 см и массой 1 кг каждый, связанные друг с другом, плавают в керосине так, что уровень керосина приходится на границу между ними (см. рисунок).



1) Определить силу Архимеда, действующую на бруски.
Бруски плавают в керосине, находясь в состоянии равновесия, значит, $\vec{F}_A + 2m\vec{g} = 0$. Следовательно, $F_A = 2mg = 2 \cdot 1 \cdot 10 = 20$ Н.

2) Определить плотность материала, из которого изготовлены бруски.
$$\rho_{\text{ж}} g V = 2 \rho g V \Rightarrow \rho = \frac{\rho_{\text{ж}}}{2} = \frac{800}{2} = 400 \text{ кг/м}^3.$$

3) Груз какой максимальной массы можно положить на верхний брусок, прежде чем, бруски утонут?
Максимальная сила Архимеда, действующая на бруски, возникает при их полном погружении. $F_{A\text{max}} = 2F_A = 2mg + Mg$.
В итоге: $M = \frac{2(F_A - mg)}{g} = \frac{2 \cdot (20 - 1 \cdot 10)}{10} = 2$ кг.

4) На сколько увеличится глубина погружения брусков, если в стопку добавить ещё два таких же бруска?
Если в стопку добавить ещё два таких же бруска, то высота стопки составит 20 см, стопка будет плавать, погрузившись в керосин опять на половину своей высоты. Таким образом, глубина погружения стопки брусков увеличится на 5 см.

Сила Архимеда

На поверхности воды плавает деревянный брусок. Его заменили бруском той же плотности и той же массы, но меньшей высоты. Как изменятся указанные физические величины?

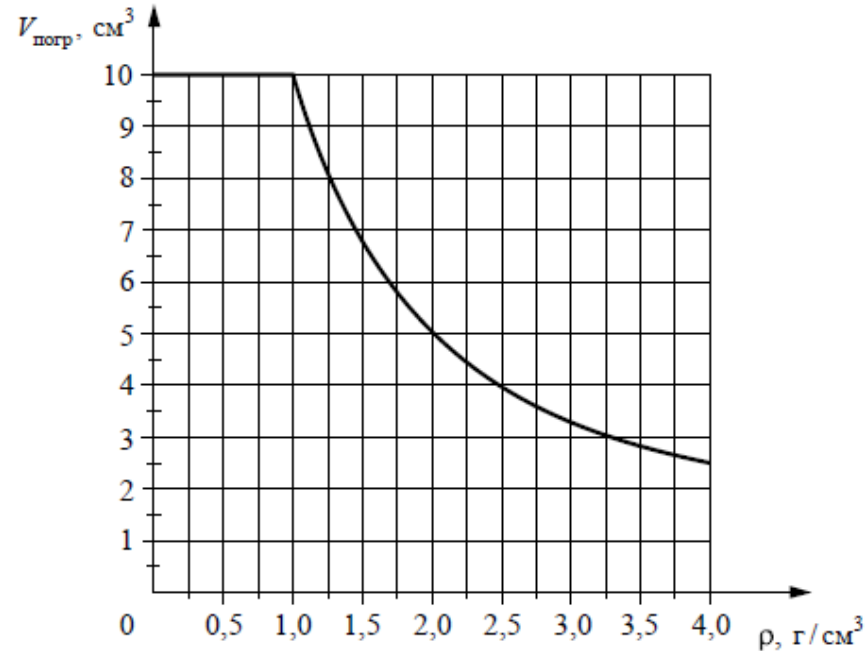
- 1) Сила тяжести, действующая на брусок – не изменится
- 2) Сила Архимеда – не изменится
- 3) Масса вытесненной воды – не изменится
- 4) Объем погруженной части бруска – не изменится
- 5) Глубина погружения бруска – уменьшится (т.к. увеличилась площадь поперечного сечения).

Деревянный шарик плавает в стакане с водой. Как изменятся указанные физические величины, если шарик будет плавать в подсолнечном масле?

- 1) Сила тяжести, действующая на шарик – не изменится
- 2) Сила Архимеда – не изменится
- 3) Глубина погружения шарика в жидкость – увеличится
- 4) Масса вытесненной жидкости – не изменится

Сила Архимеда

Ученик помещал цилиндр объёмом $V=10\text{ см}^3$, не удерживая его, в различные жидкости, плотности которых представлены в таблице, и измерял объём погружённой в жидкость части цилиндра $V_{\text{погр}}$. По результатам измерений была получена зависимость объёма погружённой части цилиндра $V_{\text{погр}}$ от плотности жидкости ρ (см. рисунок).

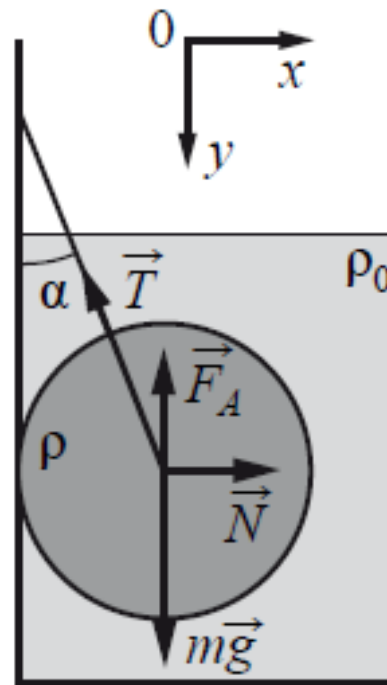
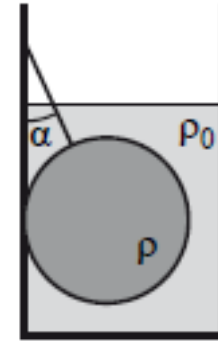


Жидкость	Бензин	Спирт	Вода	Глицерин	Хлороформ	Бромформ	Дийодметан
$\rho, \text{г/см}^3$	0,71	0,79	1,0	1,26	1,49	2,89	3,25

1. Цилиндр тонет в бензине, спирте и воде. Сила Архимеда, действующая на цилиндр в воде больше, чем в спирте и в бензине.
2. Цилиндр плавает в глицерине, хлороформе, бромформе и дийодметане. Во всех этих жидкостях сила Архимеда, действующая на цилиндр, одинакова и равна силе тяжести.

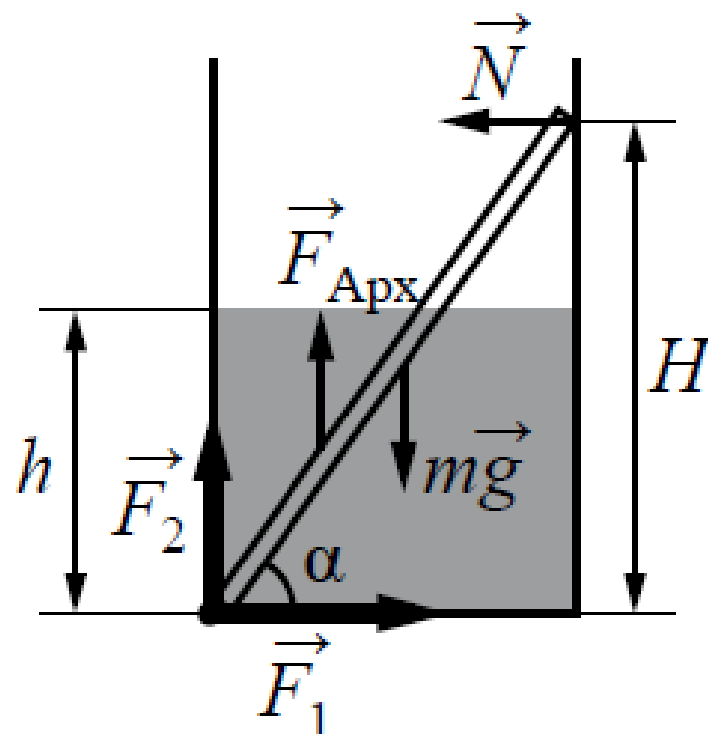
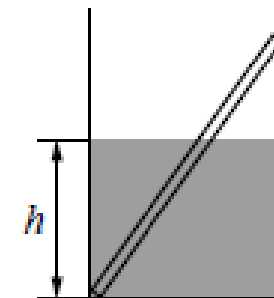
Сила Архимеда

Железный шар подвешен на нити и полностью погружён в воду (см. рисунок). Нить образует с вертикалью угол α . Трением шара о стенку пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на шар.



Сила Архимеда

В гладкий высокий стакан поставили однородную тонкую палочку, после чего в стакан налили до высоты h жидкость. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на палочку.



***Спасибо за
внимание!***

