

ТЕМА: Динамика. Равнодействующая сила. Силы.**Задание №2****Что нужно уметь :****Законы Ньютона**

- Определять графически и аналитически равнодействующую сил, действующих на тело.
- Применять второй закон Ньютона для определения ускорения тела, движущегося в инерциальной системе отсчёта

Закон Гука

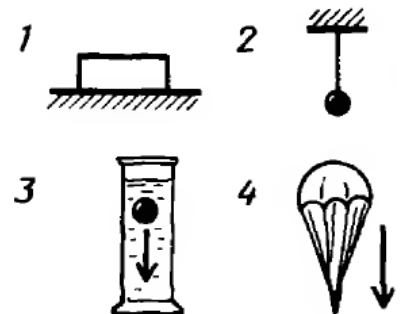
- Применять закон Гука.
- По графикам зависимости силы упругости от удлинения $F(\Delta x)$ определять жёсткость пружины

Сила трения

- Использовать выражение для силы трения скольжения для расчёта физических величин.
- По графикам зависимости силы трения скольжения от нормальной составляющей силы реакции опоры (или массы тела) определять коэффициент трения скольжения между трущимися поверхностями

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ**1. ПЕРВЫЙ ЗАКОН НЬЮТОНА**

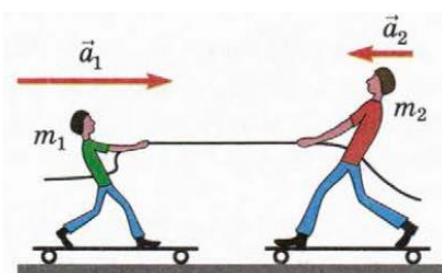
Существуют системы отсчёта (называемые инерциальными), относительно которых тела сохраняют свою скорость неизменной, если на них не действуют другие тела или действия других тел скомпенсированы.

**2. ВТОРОЙ ЗАКОН НЬЮТОНА**

Равнодействующая всех сил, приложенных к телу, равна произведению массы тела на его ускорение:

$$\vec{F} = m\vec{a}.$$

$$1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}^2.$$

3. ТРЕТИЙ ЗАКОН НЬЮТОНА

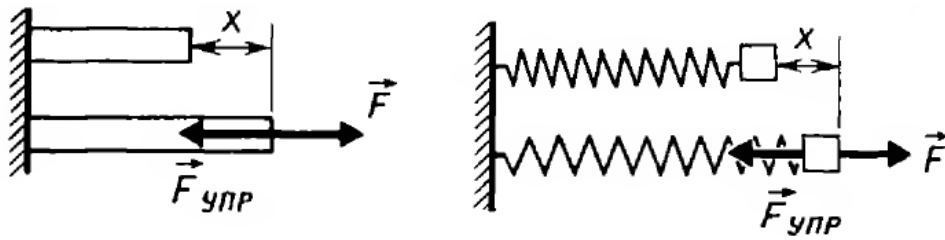
Тела взаимодействуют друг с другом с силами, равными по модулю и противоположными по направлению.

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2.$$

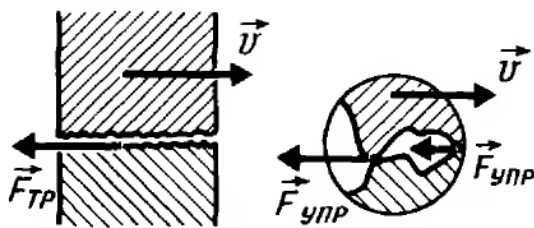
СИЛА УПРУГОСТИ

$$(F_{\text{упр}})_x = -kx \quad (k \text{ — жесткость})$$

$$k = \frac{F_{\text{упр}}}{x}; \quad k \text{ — Н/м}$$



СИЛА ТРЕНИЯ



Силы трения

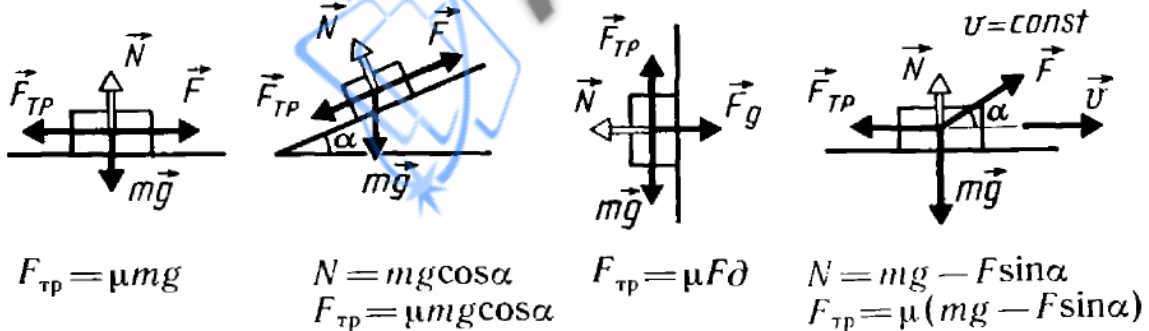
$$\sum \vec{F}_{\text{упр}} = \vec{F}_{\text{тр}}$$

- покоя
- скольжения
- качения

1. При соприкосновении
2. Вдоль поверхности
3. Против движения

электромагнитная

Трение скольжения $F_{\text{тр}} = \mu N$

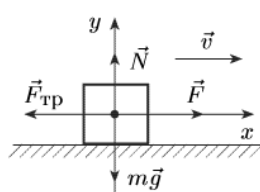


Трение покоя

Пример_1:

Тело массой 2 кг лежит на горизонтальной поверхности. Какую по величине горизонтальную силу надо приложить к телу, чтобы оно стало равномерно двигаться? Коэффициент трения равен 0,01.

$m = 2 \text{ кг}$
$v = \text{const}$
$\mu = 0,01$
$F = ?$



На тело действуют силы: сила тяжести $m\vec{g}$, сила нормальной реакции опоры \vec{N} , внешняя сила \vec{F} , сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$.

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F} + \vec{F}_{\text{тр}} = 0.$$

Запишем это векторное уравнение в проекциях на оси Ox и Oy :

$$Ox: \quad 0 + 0 + F - F_{\text{тр}} = 0,$$

$$Oy: \quad -mg + N + 0 + 0 = 0,$$

$$\begin{cases} F - F_{\text{тр}} = 0, \\ N - mg = 0. \end{cases}$$

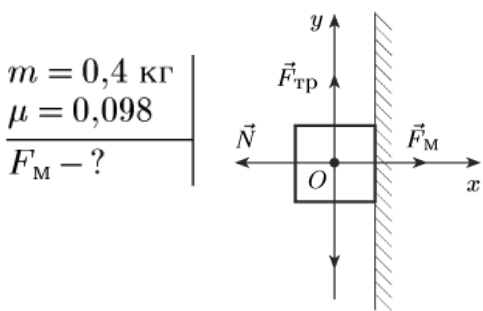
Из уравнения следует, что $F = F_{\text{тр}}$. Так как $F_{\text{тр}} = \mu N$ то $F = \mu N$.
Найдем N из уравнения $N = mg$. Следовательно

$$F = \mu mg; \quad [F] = \text{кг} \cdot (\text{м}/\text{с}^2) = \text{Н}; \quad F = 0,196 \text{ Н}.$$

Пример 2:

3

Магнитный брусок массой 400 г прилип к вертикальной железной стенке. Коэффициент трения бруска при перемещении по этой стенке — 0,098. Найдите величину силы магнитного притяжения.



$$m\vec{g} + \vec{F}_M + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} = 0.$$

$$Ox: \quad F_M - N = 0,$$

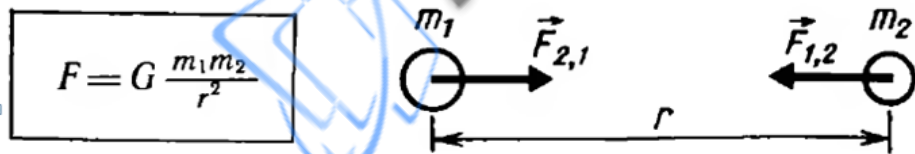
$$Oy: \quad F_{\text{тр}} - mg = 0.$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N.$$

$$F_M = mg/\mu; \quad [F_M] = \text{кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2 = \text{Н};$$

$$F_M = 40 \text{ Н}.$$

СИЛА ТЯГОТЕНИЯ



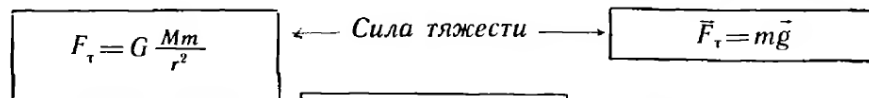
$$G = \frac{Fr^2}{m_1 m_2}; \quad G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$$

Сила тяжести

Сила тяготения (для любых двух тел)

Если $m_1 = M$ (масса Земли), $m_2 = m$ (масса тела над Землей),
 r — радиус Земли

По второму закону Ньютона



$$g = G \frac{M}{r^2}$$

— не зависит от массы тела

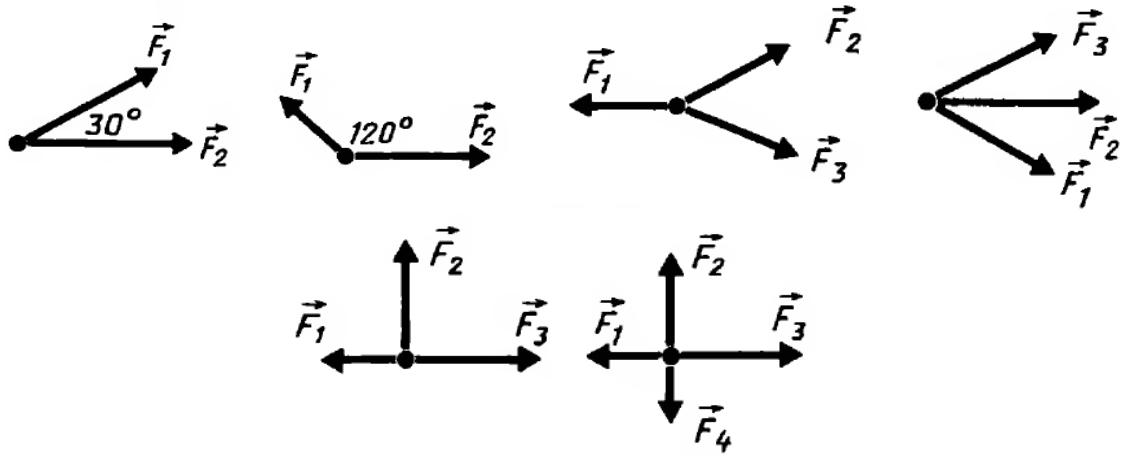
g зависит:

- 1) от высоты над Землей
- 2) от широты места (Земля — неинерциальная система отсчета)
- 3) от пород земной коры (гравинометрия)
- 4) от формы Земли (приплюснута у полюсов)

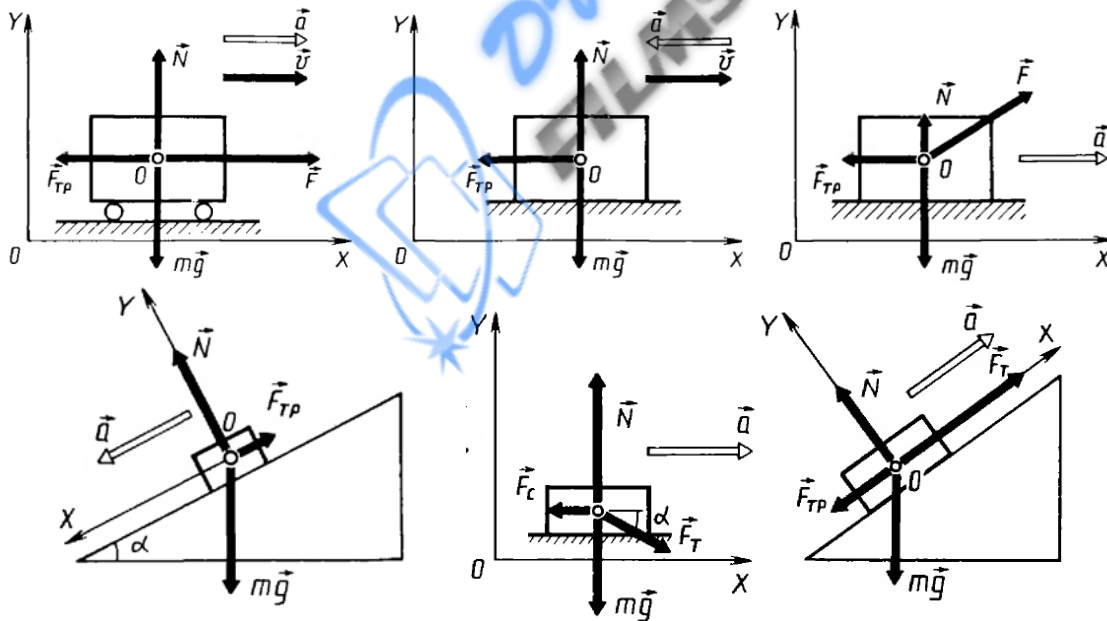
$$\text{полюс} — 9,83 \text{ м}/\text{с}^2 — 9,78 \text{ м}/\text{с}^2 — \text{экватор}$$

**ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ЗАДАНИЯ
ЗАДАЧИ ДЛЯ ТРЕНИРОВКИ**

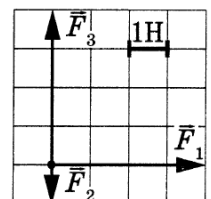
1. (DVS_FILMS) Найдите результирующую сил:



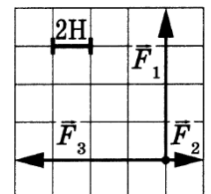
2. (DVS_FILMS) Запишите уравнение второго закона Ньютона для каждого тела в векторном виде и в проекциях на оси координат:



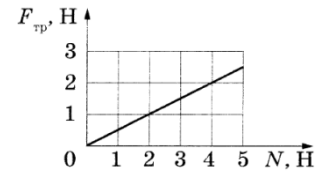
3. (Демидова 30-ТЭВ 2024) На рисунке показаны силы (в заданном масштабе), действующие на материальную точку. Сторона клетки соответствует 1 Н. Определите модуль равнодействующей приложенных сил.



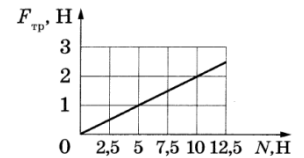
4. (Демидова 30-ТЭВ 2024) На рисунке показаны силы (в заданном масштабе), действующие на материальную точку. Сторона клетки соответствует 2 Н. Определите модуль равнодействующей приложенных сил.



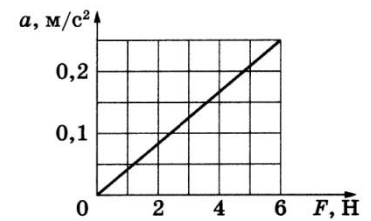
5. (Демидова 10-ТЭВ 2024) На графике приведена зависимость модуля силы трения скольжения от модуля силы нормального давления. Каков коэффициент трения?



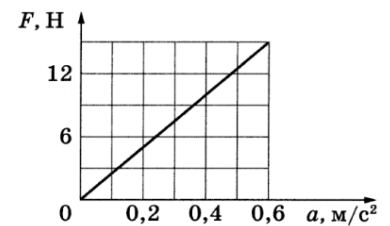
6. (Демидова 10-ТЭВ 2024) На графике приведена зависимость модуля силы трения скольжения от модуля силы нормального давления. Каков коэффициент трения?



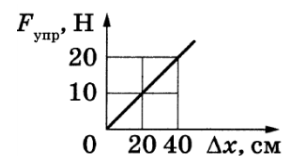
7. (Демидова 30-ТЭВ 2024) На графике приведена зависимость ускорения a бруска, скользящего без трения по горизонтальной поверхности, от величины приложенной к нему горизонтальной силы F . Систему отсчёта считать инерциальной. Чему равна масса бруска?



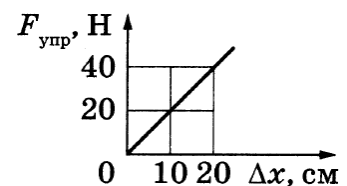
8. (Демидова 30-ТЭВ 2024) На графике приведена зависимость ускорения a бруска, скользящего без трения по горизонтальной поверхности, от величины приложенной к нему горизонтальной силы F . Систему отсчёта считать инерциальной. Чему равна масса бруска?



9. (Демидова 30-ТЭВ 2024) На рисунке представлен график зависимости модуля силы упругости $F_{\text{упр}}$ пружины от величины её деформации Δx . Определите жёсткость этой пружины.



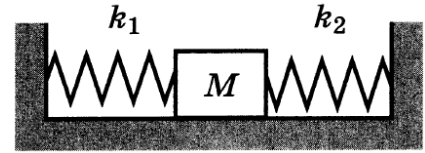
10. (Демидова 30-ТЭВ 2024) На рисунке представлен график зависимости модуля силы упругости $F_{\text{упр}}$ пружины от величины её деформации Δx . Определите жёсткость этой пружины.



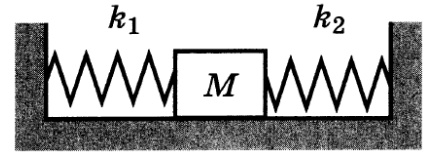
11. (Демидова 30-ТЭВ 2024) В инерциальной системе отсчёта сила F сообщает телу массой m ускорение $1,5 \text{ м/с}^2$. Какое ускорение получит тело массой $m/3$ в этой системе отсчёта под действием силы $2F$?

12. (Демидова 30-ТЭВ 2024) В инерциальной системе отсчёта сила, модуль которой равен 16 Н , сообщает телу массой m ускорение a . Каков модуль силы, которая сообщает телу массой $4m$ в этой системе отсчёта ускорение $a/2$?

13. (Демидова 30-ТЭВ 2024) Кубик массой 1 кг покоится на гладком горизонтальном столе, сжатый с боков пружинами (см. рисунок). Левая пружина жёсткостью = 400 Н/м сжата на 4 см. С какой силой правая пружина действует на кубик?



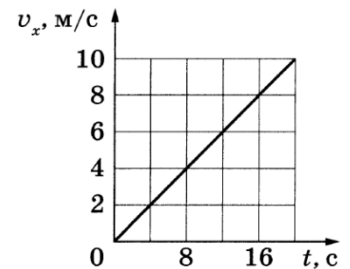
14. (Демидова 30-ТЭВ 2024) Кубик массой 1 кг покоится на гладком горизонтальном столе, сжатый с боков пружинами (см. рисунок). Жёсткость правой пружины $k_2 = 800$ Н/м. Левая пружина действует на кубик с силой 16 Н. Определите удлинение правой пружины.



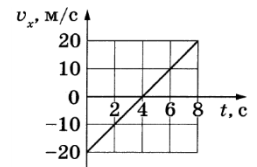
15. (Демидова 30-ТЭВ 2024) Два маленьких шарика массой m каждый находятся на расстоянии r друг от друга и притягиваются друг к другу с силой 8 нН. Каков модуль сил гравитационного притяжения друг к другу двух других шариков, если масса каждого из них равна $2m$, а расстояние между ними равно $r/2$?
16. (Демидова 30-ТЭВ 2024) В инерциальной системе отсчёта сила 50 Н сообщает телу массой 5 кг некоторое ускорение. Какова масса тела, которому сила 60 Н сообщает такое же ускорение?
17. (Демидова 30-ТЭВ 2024) В инерциальной системе отсчёта сила 50 Н сообщает телу массой 5 кг некоторое ускорение. Какая сила сообщает такое же ускорение телу массой 3 кг?
18. (Демидова 30-ТЭВ 2024) Две планеты с одинаковыми массами обращаются по круговым орбитам вокруг звезды. Для первой из них сила притяжения к звезде в 36 раз меньше, чем для второй. Каково отношение радиусов орбит первой и второй планет?
19. (Демидова 30-ТЭВ 2024) Две планеты обращаются по круговым орбитам вокруг звезды. Масса первой планеты в 4 раза меньше массы второй, а отношение R_1/R_2 радиусов орбит первой и второй планет равно 2,5. Каково отношение сил притяжения первой и второй планет к звезде F_1/F_2 ?
20. (Демидова 30-ТЭВ 2024) В инерциальной системе отсчёта некоторая сила сообщает телу массой 8 кг ускорение 5 м/с^2 . Какое ускорение в той же системе отсчёта сообщит та же сила телу массой 5 кг?
21. (Демидова 30-ТЭВ 2024) В инерциальной системе отсчёта некоторая сила сообщает телу массой 6 кг ускорение 3 м/с^2 . Какова масса тела, если в той же системе отсчёта та же сила сообщит этому телу ускорение 9 м/с^2 ?

22. (Демидова 30-ТЭВ 2024) К пружине школьного динамометра подвесили груз массой $0,1$ кг. Пружина при этом упруго удлинилась на $2,5$ см. Чему будет равно удлинение пружины (см), если масса груза уменьшится вдвое?
23. (Демидова 30-ТЭВ 2024) К пружине школьного динамометра подвесили груз массой $0,1$ кг. Пружина при этом упруго удлинилась на $2,5$ см. Чему будет равно удлинение пружины (см), если массу груза увеличить втрое?
24. (Демидова 30-ТЭВ 2024) На штативе закреплён школьный динамометр. К нему подвесили груз массой $0,1$ кг. Пружина динамометра при этом удлинилась на $2,5$ см. Чему будет равно удлинение пружины (см), если масса груза уменьшится вдвое?
25. (Демидова 30-ТЭВ 2024) На штативе закреплён школьный динамометр. К нему подвесили груз массой $0,1$ кг. Пружина динамометра при этом удлинилась на $2,5$ см. Чему будет равно удлинение пружины (см), если масса груза увеличится втрое?

26. (Демидова 30-ТЭВ 2024) Скорость автомобиля массой 1500 кг, движущегося вдоль оси Ox , изменяется со временем в соответствии с графиком (см. рисунок). Систему отсчёта считать инерциальной. Определите равнодействующую всех сил, действующих на автомобиль.

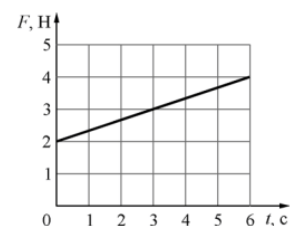


27. (Демидова 30-ТЭВ 2024) Скорость автомобиля, движущегося вдоль оси Ox , изменяется со временем в соответствии с графиком (см. рисунок). Систему отсчёта считать инерциальной. Определите массу автомобиля, если равнодействующая всех сил, действующих на автомобиль, равна 5000 Н.

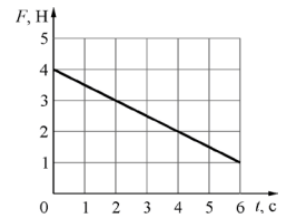


28. (Демидова 30-ТЭВ 2024) Подвешенная к потолку пружина под действием силы $7,5$ Н удлинилась на $1,5$ см. Чему равно удлинение (см) этой пружины под действием силы 10 Н?
29. (Демидова 30-ТЭВ 2024) Подвешенная к потолку пружина под действием силы 5 Н удлинилась на 10 см. Чему равно удлинение (см) этой пружины под действием силы 8 Н?

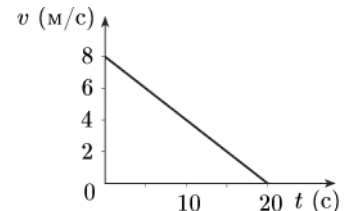
30. (СтатГрад-2023) Тело массой 600 г движется под действием силы F . График зависимости модуля этой силы от времени t изображён на рисунке. Чему равен модуль ускорения данного тела в момент времени $t = 3$ с?



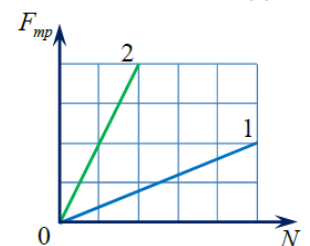
31. (СтатГрад-2023) Тело массой 500 г движется под действием силы F . График зависимости модуля этой силы от времени t изображён на рисунке. Чему равен модуль ускорения данного тела в момент времени $t = 4$ с?



32. (Трубецкова С.В.) Лодку массой 50 кг тянут к берегу двумя канатами, расположенными в горизонтальной плоскости. Угол между канатами 60° . Силы, приложенные к канатам, по 100 Н каждая. С каким ускорением лодка приближается к берегу?
33. (Трубецкова С.В.) С каким ускорением летит самолет, если на него действуют четыре силы: по вертикали сила тяжести 200 кН и подъемная сила 210 кН; по горизонтали — сила тяги двигателя 20 кН и сила лобового сопротивления воздуха 10 кН. Как направлено ускорение?
34. (Трубецкова С.В.) Человек, стоя в лодке, тянет к себе с помощью веревки вторую лодку. Определите пути, пройденные первой и второй лодками за 5 с, если масса первой лодки 200 кг, второй — 100 кг, а сила натяжения веревки 100 Н. Силами трения пренебречь, воду считать покоящейся, а движение лодки равноускоренным.
35. (Трубецкова С.В.) Мальчик, стоя на тележке, тянет к себе с помощью веревки вторую тележку с постоянной силой 100 Н. Определите скорости первой и второй тележек через 2 с после начала движения, если масса тележки с мальчиком 100 кг, а масса второй тележки 80 кг. Трением пренебречь.
36. (Трубецкова С.В.) На рисунке дан график зависимости скорости движения автомобиля массой 3 т. Определите силу трения.



37. (Бегунов М.И._2025) На графике представлены зависимости модуля силы трения скольжения от модуля силы нормальной реакции опоры для двух тел, скользящих по горизонтальному столу. Коэффициент трения скольжения для первого тела равен $\mu_1 = 0.04$. Определите коэффициент трения для второго тела μ_2 .



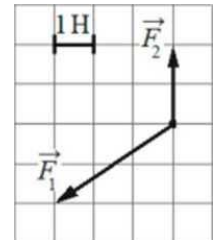
38. (Бегунов М.И._2025) Два небольших тела одинаковой массы притягиваются друг к другу с силами, равными по модулю 100 нН. Какими по модулю станут силы притяжения между телами, если расстояние между ними увеличить в 4 раза?
39. (Бегунов М.И._2025) К легкой вертикально висящей пружине с жесткостью 300 Н/м подвесили небольшой груз. В результате этого пружина растянулась на 4 см. Определите массу груза.
40. (Бегунов М.И._2025) Под действием силы F небольшое тело массой 6 кг приобретает ускорение, равное $2a$. Определите массу небольшого тела, которое под действием силы $2F$ приобретает ускорение, равное $3a$.

41. (Бегунов М.И._2025) Ученик провел серию экспериментов по изучению трения. Для этого он брал деревянные бруски разных масс с одинаково обработанными поверхностями и поочередно тянул по горизонтальной поверхности стола, измеряя возникающую силу трения скольжения. В таблице представлена зависимость величины трения скольжения брусков от их масс.

$m, \text{ кг}$	0,2	0,4	0,6	0,8
$F_{\text{тр}}, \text{ Н}$	0,7	1,4	2,1	2,8

Определите величину коэффициента трения скольжения между брусками и столом.

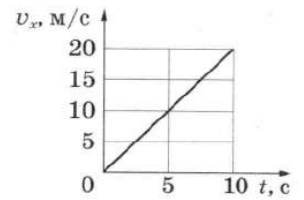
42. (Бегунов М.И._2025) Сила тяжести, действующая на космонавта у поверхности некоторой планеты, равна 640 Н. Какой станет сила тяжести, действующая на этого космонавта, если он поднимется над поверхностью планеты на высоту, равную трём радиусам этой планеты?
43. (Бегунов М.И._2025) Пружину с жесткостью k сжали, уменьшив её длину на x см, в результате чего в ней возникла сила упругости равная 5 Н. Чему будет равна сила упругости, возникающая при растяжении пружины с жесткостью $0,4k$ на $6x$ см?
44. (Бегунов М.И._2025) На горизонтальный стол поставили кубик и толкнули его. Определите ускорение кубика при его последующем поступательном движении, если коэффициент трения о стол равен 0,35.
45. На рисунке показаны силы (в заданном масштабе), действующие на материальную точку. Определите модуль равнодействующей этих сил.



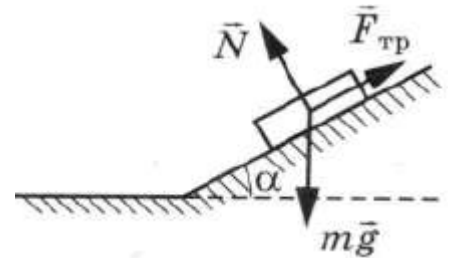
46. Автомобиль с выключенным двигателем сняли со стояночного тормоза, и он покатился под уклон, составляющий угол 30° с горизонтом. В начале горизонтального участка дороги, который следует за спуском, его скорость составляет 10 м/с. Какое расстояние автомобиль проезжает по склону? Трением пренебречь.
47. В инерциальной системе отсчёта сила величиной 70 Н сообщает телу массой 10 кг некоторое ускорение. Сила какой величины сообщит телу массой 9 кг в этой же системе отсчёта такое же ускорение?
48. Две планеты обращаются по круговым орбитам вокруг звезды. Модули сил притяжения планет к звезде одинаковы. У первой из планет радиус орбиты в шесть раз больше, чем у второй, каково отношение – массы первой планеты к массе второй планеты?
49. Отношение импульса легкового автомобиля к импульсу мотоцикла равно 5. Каково отношение их скоростей, если отношение массы легкового автомобиля к массе мотоцикла равно 2,5?

50. Два маленьких шарика массой m каждый находятся на расстоянии 40 см друг от друга. Каково расстояние между шариками вдвое большей массы, если модуль сил гравитационного взаимодействия между ними такой же, как и между первыми двумя шариками?

51. (Демидова 2025) Скорость тела массой 5 кг, движущегося вдоль оси Ox в инерциальной системе отсчёта, изменяется со временем в соответствии с графиком (см. рисунок). Определите равнодействующую приложенных к телу сил в момент времени $t = 2,5$ с.

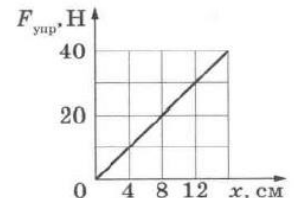


52. (Демидова 2025) Брусок массой $m = 0,5$ кг положили на шероховатую наклонную опору с углом наклона к горизонту $\alpha = 60^\circ$ (см. рисунок). На него действуют три силы: сила тяжести mg , нормальная составляющая силы реакции опоры N и сила трения $F_{\text{тр}}$. Чему равен модуль силы

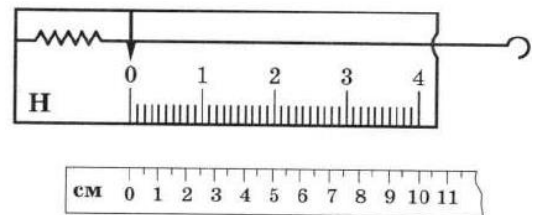


N ?

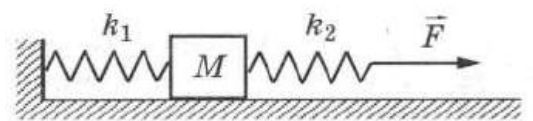
53. (Демидова 2025) На рисунке представлен график зависимости модуля силы упругости от удлинения пружины. Какова жёсткость пружины?



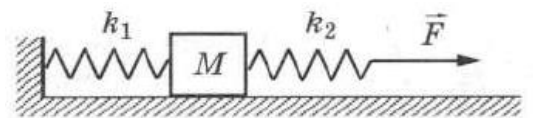
54. (Демидова 2025) На рисунке изображён лабораторный динамометр. Шкала проградуирована в ньютонах. Каким будет растяжение пружины динамометра, если к ней подвесить груз 200 г? Ответ в см.



55. (Демидова 2025) К системе из кубика массой 1 кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила величиной $F = 9$ Н (см. рисунок). Система покоится. Между кубиком и опорой трения нет. Левый край первой пружины прикреплен к стенке. Жёсткость первой пружины $k_1 = 300$ Н/м. Жёсткость второй пружины $k_2 = 600$ Н/м. Чему равно удлинение второй пружины? Ответ в см.



56. (Демидова 2025) К системе из кубика массой 1 кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила величиной $F = 9$ Н (см. рисунок). Система покоится. Между кубиком и опорой трения нет. Левый край первой пружины прикреплен к стенке. Жёсткость первой пружины $k_1 = 300$ Н/м. Жёсткость второй пружины $k_2 = 600$ Н/м. Чему равно удлинение первой пружины? Ответ в см.



57. (Демидова 2025) Сила трения, действующая на скользящие по горизонтальной дороге стальные санки мае сой 8 кг, равна 16 Н. Каков коэффициент трения скольжения стали по льду?

58. (Монастырский 2025) Чему равен модуль равнодействующей сил, приложенных к телу массой 2 кг, если зависимость его координат от времени имеет вид $x(t) = 4t^2 + 5t - 2$ и $y(t) = 3t^2 + 4t + 14$?
59. (Монастырский 2025) С каким ускорением будет двигаться тело массой 20 кг, на которое действуют три равные силы по 40 Н каждая, лежащие в одной плоскости и направленные под углом 120° друг к другу?
60. (Монастырский 2025) Тело массой 5,6 кг лежит на наклонной плоскости, составляющей угол 30° с горизонтом. Коэффициент трения скольжения равен 0,7. Чему равна сила трения, действующая на тело?
- 61.

1.		
2.		
3.	5 Н	
4.	10 Н	
5.	0,5	
6.	0,2	
7.	24 кг	
8.	25 кг	
9.	50 Н/м	
10.	200 Н/м	
11.	9 м/с ²	
12.	32 Н	
13.	16 Н	
14.	2 см	
15.	128 нН	
16.	6 кг	
17.	30 Н	
18.	6	
19.	0,04	
20.	8 м/с ²	
21.	2 кг	
22.	1,25 см	
23.	7,5 см	
24.	1,25 см	
25.	7,5 см	
26.	750 Н	
27.	1000 кг	
28.	2 см	
29.	16 см	
30.	5 м/с ²	
31.	4 м/с ²	
32.	≈3,4 м/с ²	
33.	≈0,7 м/с ² ; под углом 45° к горизонту	
34.	6,25 м; 12,5 м	
35.	2 м/с; 2,5 м/с	
36.	1,2*10 ³ Н	
37.	0,2	

38.	6,25 пН	
39.	1,2 кг	
40.	8 кг	
41.	0,35	
42.	40 Н	
43.	12 Н	
44.	3,5 м/с ²	
45.	3 Н	
46.	10 м	
47.	63 Н	
48.	36	
49.	2	
50.	80	
51.	10 Н	
52.	2,5 Н	
53.	250 Н/м	
54.	5 см	
55.	1,5 см	
56.	3 см	
57.	0,2	
58.	20 Н	
59.	0	
60.	28 Н	

