



корпорация

российский  
учебник

Система обучения решению физических задач в  
УМК «Физика» Грачёва А.В.

На примере раздела «Механика»





корпорация

российский  
учебник

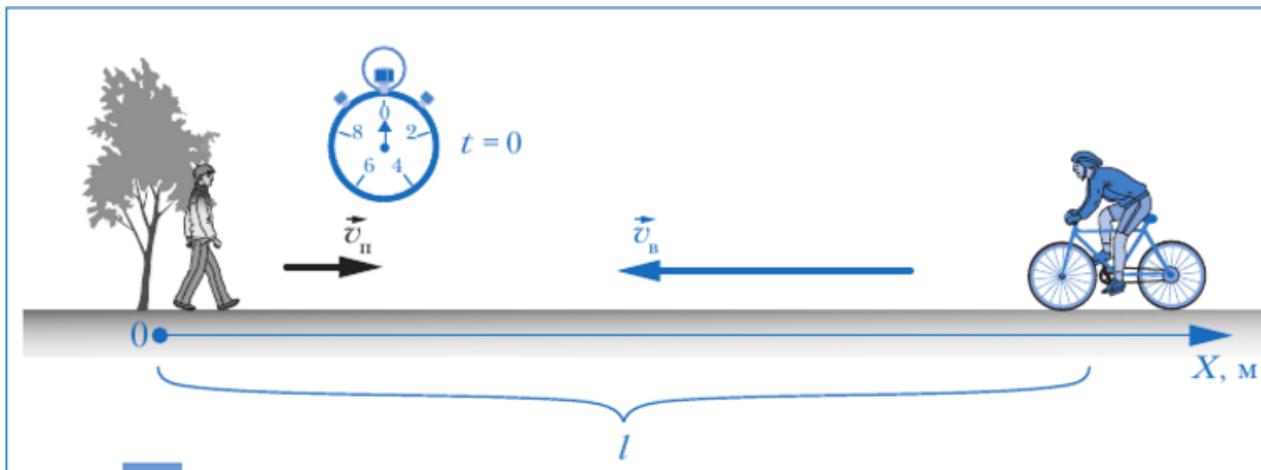
7 класс

Механика

# §10-11 Решение задач кинематики. Задача «Встреча» Графический и аналитический способы решения

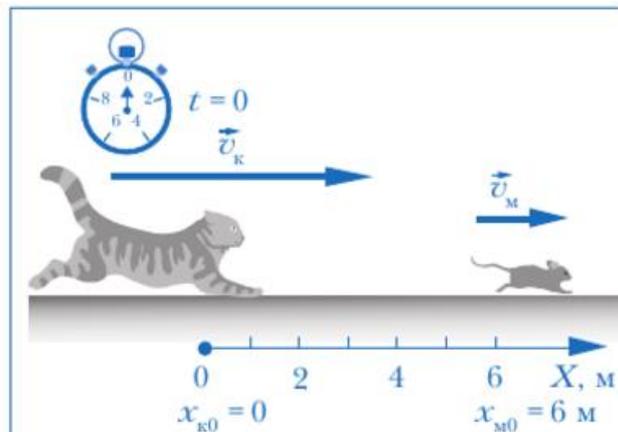
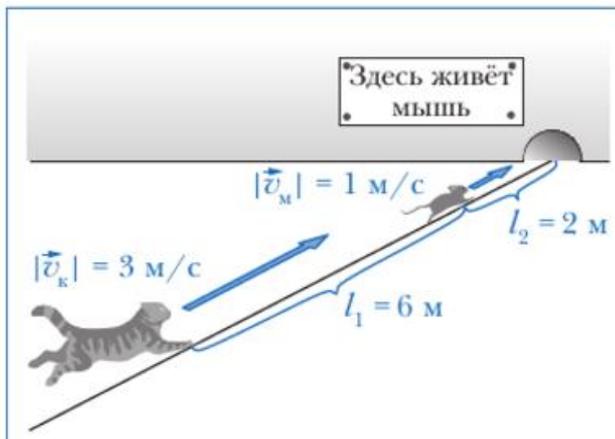
Рассмотрим простой пример. Пусть по прямолинейной дороге навстречу друг другу одновременно начинают двигаться пешеход и велосипедист. Расстояние между ними в момент начала движения составляет  $l = 20$  м. При этом они движутся равномерно относительно дороги навстречу друг другу со скоростями, модули которых  $|\vec{v}_п| = 1$  м/с и  $|\vec{v}_в| = 3$  м/с соответственно.

Ответим на два вопроса. Где произойдёт встреча пешехода и велосипедиста? Когда (через какое время после начала движения) она состоится?



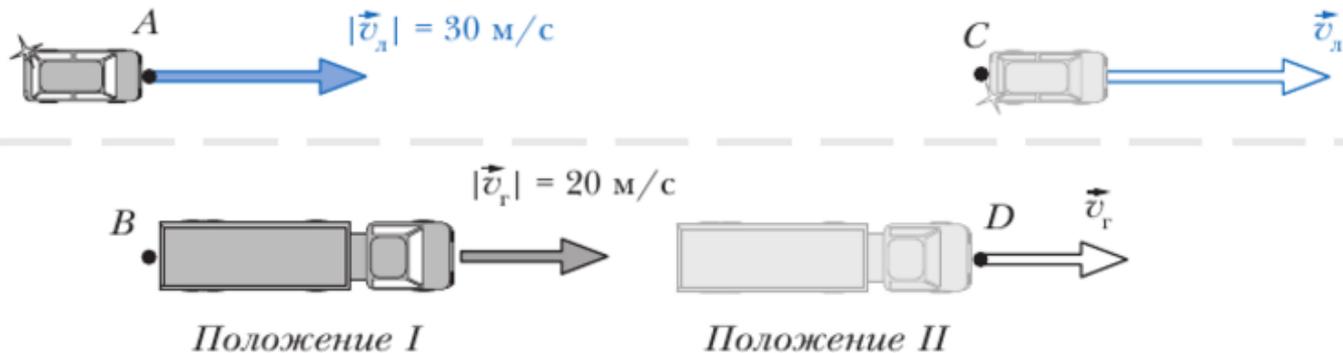
## §12 Решение задач кинематики. Задача «Погоня»

Рассмотрим теперь следующую задачу о погоне. Пусть по ровному полу в сторону своей норки по прямой бежит мышка со скоростью, модуль которой  $|\vec{v}_m| = 1 \text{ м/с}$  (рис. 25). Вслед за мышкой вдоль этой же прямой гонится кот со скоростью, модуль которой  $|\vec{v}_k| = 3 \text{ м/с}$ . Необходимо выяснить, удастся ли коту поймать мышку, если в тот момент, когда мы начали наблюдение, расстояние между ними составляло  $l_1 = 6 \text{ м}$ , а расстояние от мышки до её норки —  $l_2 = 2 \text{ м}$ .



# §13 Решение задач кинематики. Задача «Обгон»

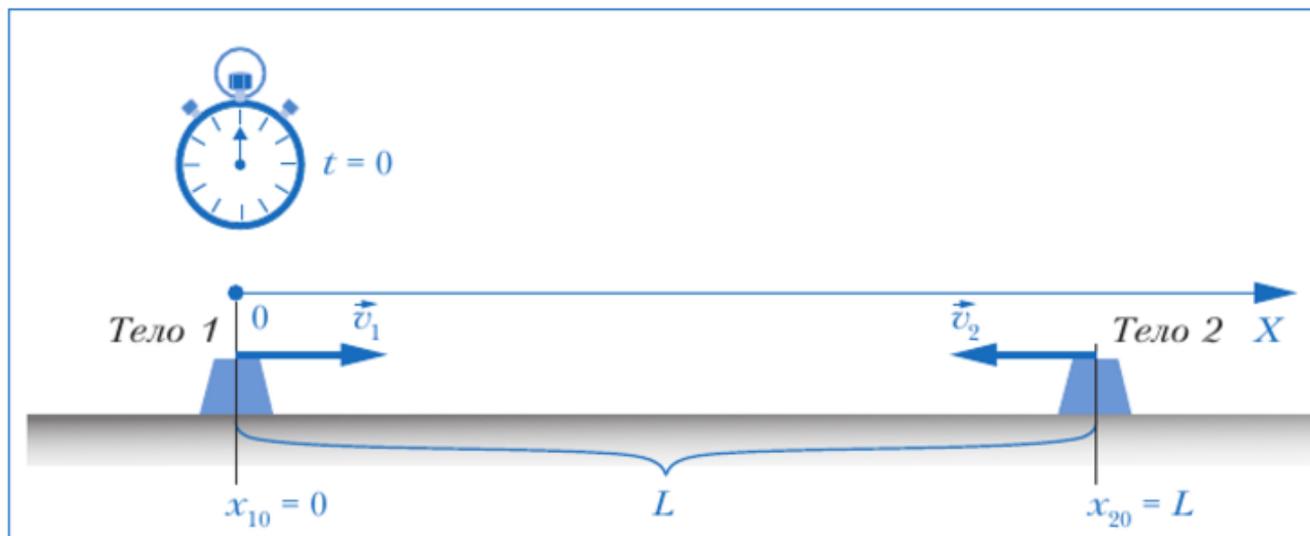
Пусть по прямой двухполосной дороге едут грузовик с прицепом и легковой автомобиль. Модули их скоростей равны соответственно  $|\vec{v}_r| = 20$  м/с и  $|\vec{v}_л| = 30$  м/с. Известно, что длина легкового автомобиля  $l_1 = 5$  м, а грузовик вместе с прицепом имеет длину  $l_2 = 35$  м. При этом легковой автомобиль, значение скорости которого больше, совершает обгон грузовика.



1. В течение какого промежутка времени будет происходить обгон?
2. Какие расстояния проедут за время обгона легковой автомобиль и грузовик?

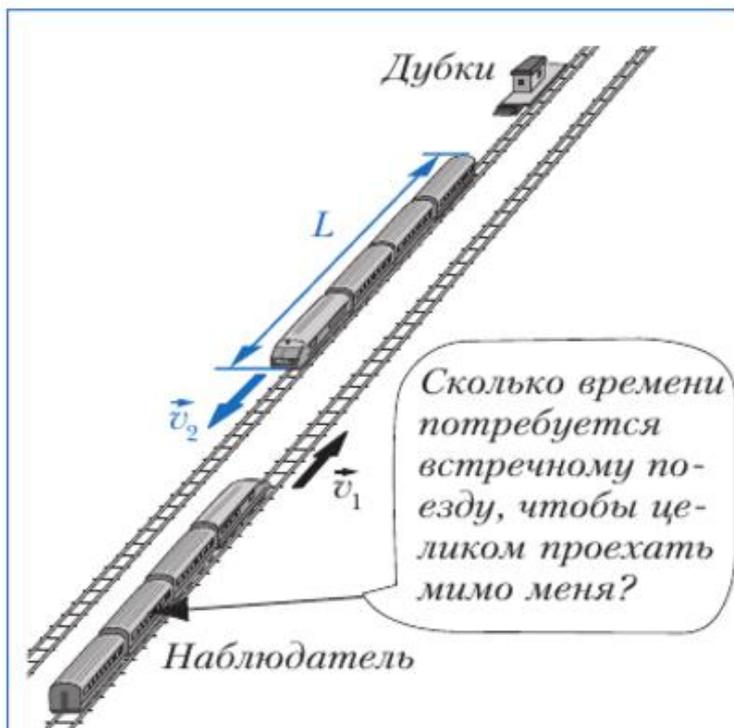
## §14 Решение задач кинематики в общем виде

Пусть два точечных тела 1 и 2 движутся навстречу друг другу относительно земли со скоростями  $\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$  соответственно (рис. 33). В момент начала наблюдения расстояние между телами равно  $L$ . Необходимо определить, через какое время после начала наблюдения (когда?) произойдёт встреча этих тел.



## §15 Движение тел относительно друг друга

Пусть два поезда движутся по параллельным путям навстречу друг другу, как показано на рис. 35. При этом модуль скорости первого поезда



$|\vec{v}_1| = 10$  м/с, а второго —  $|\vec{v}_2| = 15$  м/с. В первом поезде сидит пассажир, которого мы будем называть наблюдателем.

Ответим на вопрос: в течение какого времени второй поезд целиком (от «носа» до «хвоста») проедет мимо наблюдателя, если длина второго поезда  $L = 175$  м?

## §16 Движение тел относительно друг друга

### Задача «Встреча»

Пусть по прямолинейной дороге навстречу друг другу едут мотоциклист и велосипедист, как показано на рис. 38. При этом относительно Земли модуль скорости мотоциклиста  $|\vec{v}_m| = 20$  м/с, а модуль скорости велосипедиста —  $|\vec{v}_b| = 10$  м/с. Определим, через какое время произойдёт их встреча, если в момент начала наблюдения расстояние между ними  $l = 600$  м.

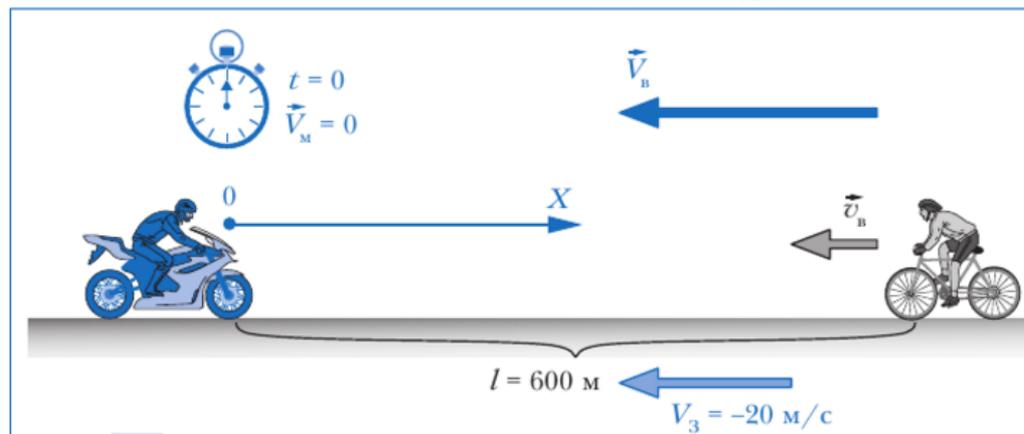


Рис. 39

В выбранной системе отсчёта навстречу неподвижному мотоциклисту движутся:

- 1) Земля и дорога с велосипедистом;
- 2) велосипедист по этой дороге относительно Земли

## §17 Движение тел относительно друг друга Задача «Погоня»

Диспетчер, взглянув на монитор, увидел, что за паровозом, движущимся со скоростью  $|\vec{v}_{\text{п}}| = 60$  км/ч, следует электровоз со скоростью  $|\vec{v}_{\text{э}}| = 90$  км/ч. Через какое время  $t_{\text{д}}$  электровоз догонит паровоз, если расстояние между ними в начальный момент  $l = 120$  км?

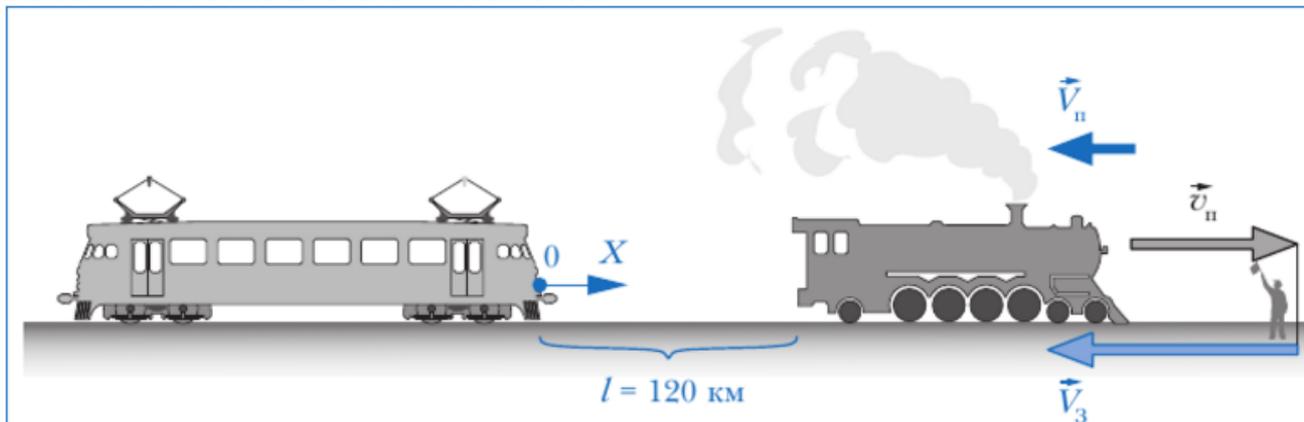


Рис. 41

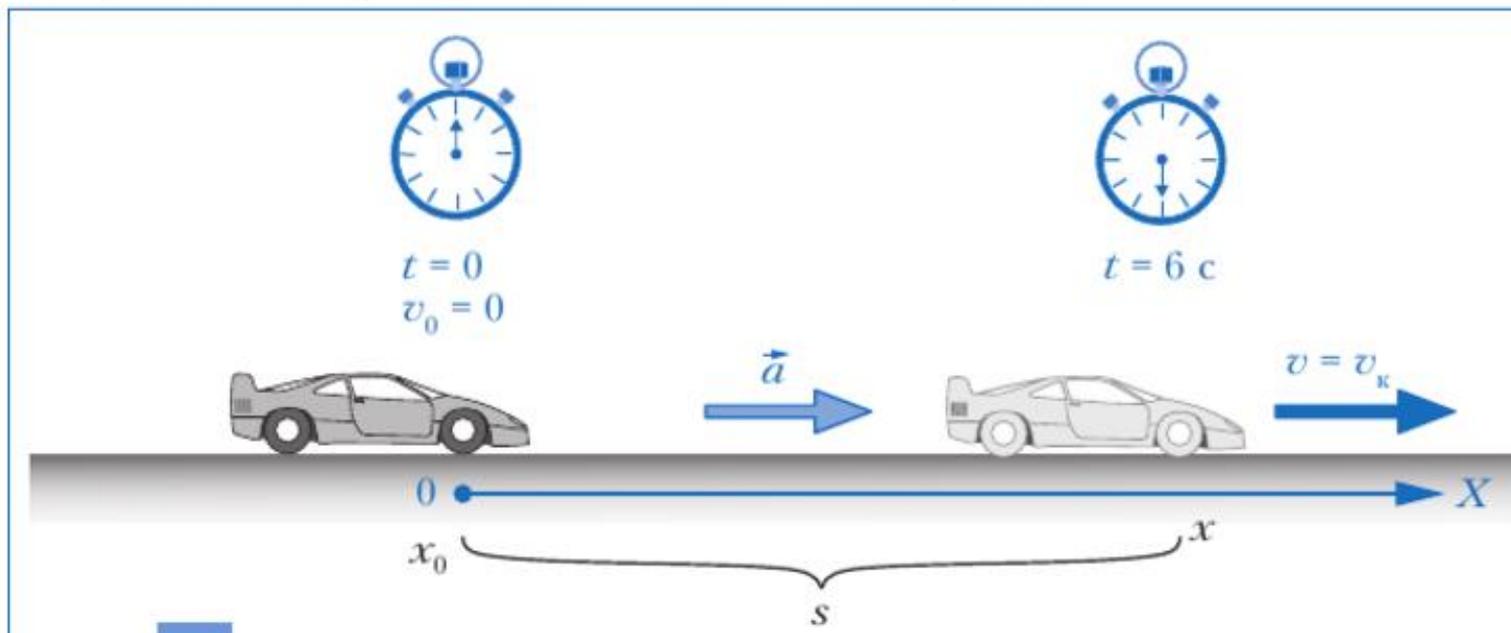
В системе отсчёта, связанной с электровозом, он неподвижен. При этом Земля и рельсы под паровозом «едут» назад к электровозу со скоростью  $v_{\text{э}}$ . У паровоза дополнительно появляется скорость, направленная против его движения

## §25 Равноускоренное движение

### Задача «Разгон»

#### Задача 1. «Разгон»

Гоночный автомобиль трогается с места, набирая скорость  $30 \text{ м/с}$  ( $108 \text{ км/ч}$ ) за время  $t = 6 \text{ с}$ . Определите пройденный автомобилем за это время путь, считая движение автомобиля равноускоренным.

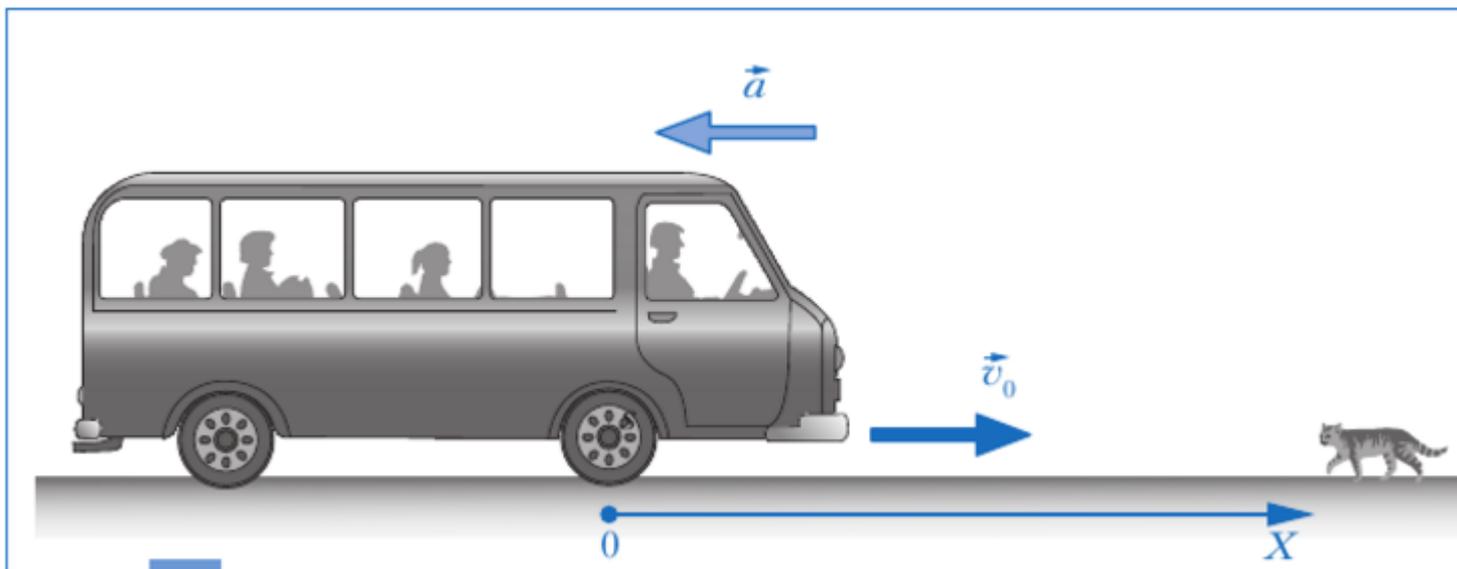


## §25 Равноускоренное движение

### Задача «Торможение»

#### Задача 2. «Торможение»

Автобус движется со скоростью, модуль которой равен  $20 \text{ м/с}$  ( $72 \text{ км/ч}$ ). Водитель автобуса замечает на дороге кошку и нажимает на педаль тормоза. Определите длину тормозного пути автобуса, если модуль ускорения при торможении  $|\vec{a}| = 4 \text{ м/с}^2$ .

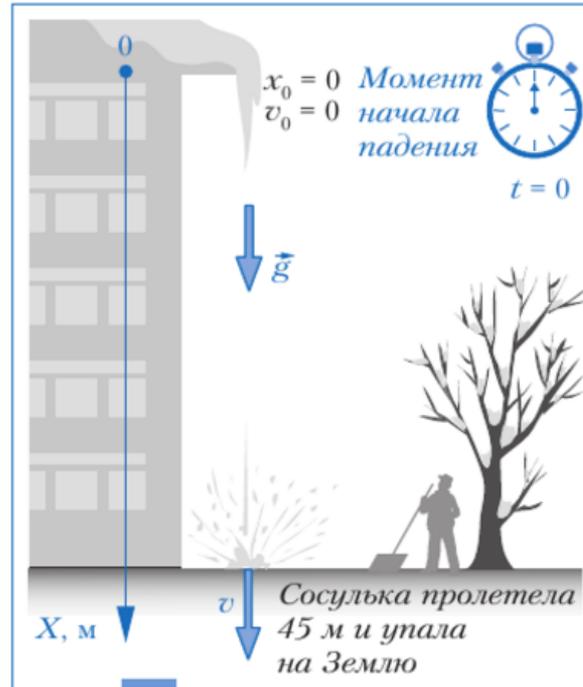


# §26 Свободное падение тел

## Задача «Падение»

### Задача 1. «Падение»

С крыши дома высотой  $h = 45$  м срывается и летит вниз сосулька. Определите: а) время падения сосульки; б) скорость сосульки в момент приземления.

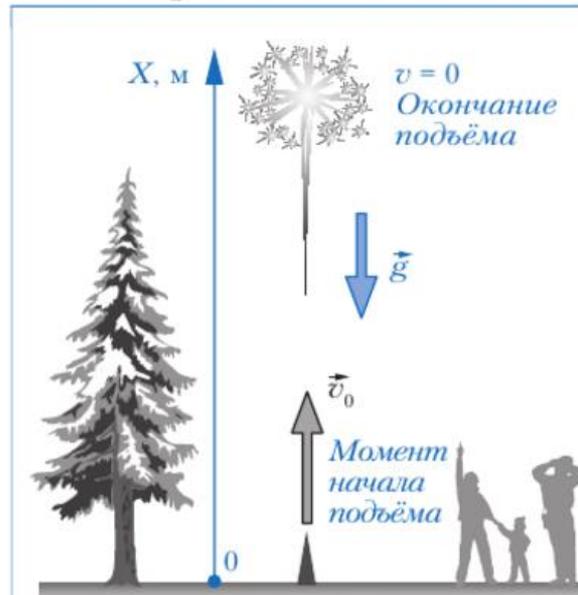


# §26 Свободное падение тел

## Задача «Подъём»

### Задача 2. «Подъём»

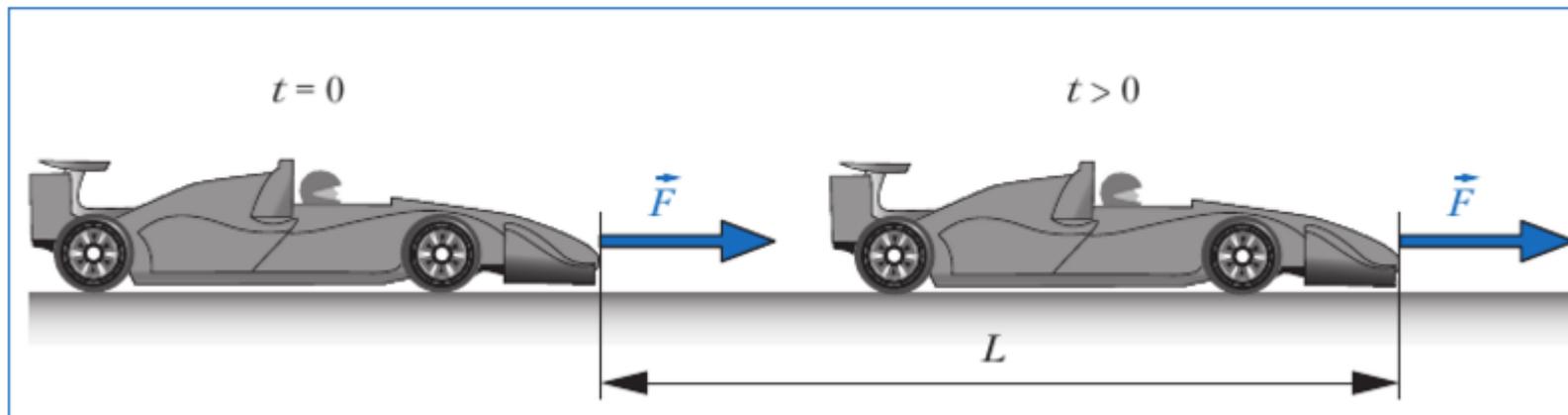
Праздничная новогодняя ракета в результате мгновенного сгорания её порохового заряда начинает подниматься (взлетать) с Земли вертикально с начальной скоростью, имеющей значение  $v_0 = 50$  м/с. Определите максимальную высоту подъёма ракеты.



## §41 Работа сил

### Задача 1

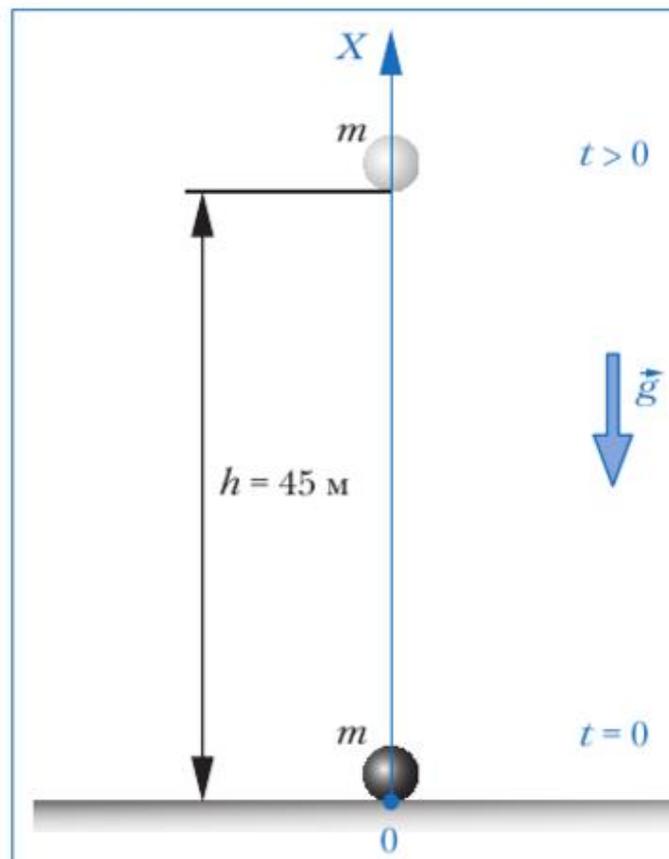
Гоночный автомобиль разгоняется на прямолинейной дороге под действием постоянной силы тяги, значение которой  $F = 5$  кН (рис. 120). Определите работу этой силы при перемещении автомобиля на расстояние  $L = 100$  м.



## §41 Работа сил

### Задача 2

С поверхности Земли вертикально вверх брошен камень, как показано на рис. 121. Какую работу совершит сила тяжести к тому моменту, когда камень поднимется на высоту  $h = 45$  м? Масса камня равна  $m = 1$  кг. Модуль ускорения свободного падения считайте равным  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



## §41 Работа сил

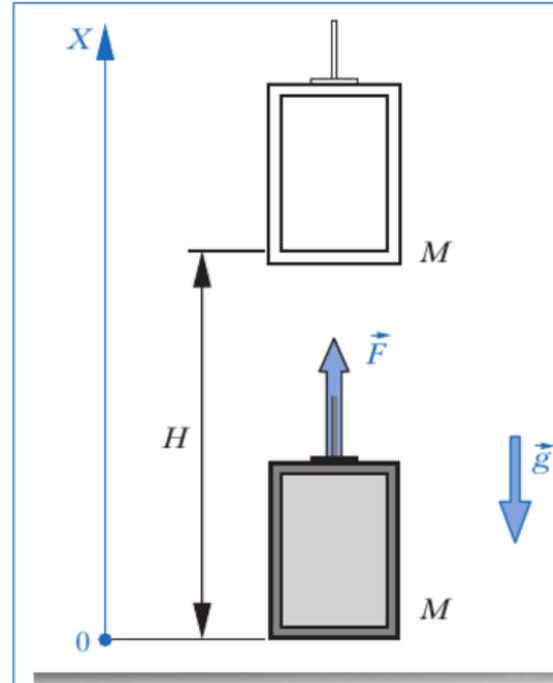
### Задача 3

Вычислите работу силы тяжести над камнем, брошенным вертикально вверх с поверхности Земли, за промежутки времени: а) от момента броска до момента подъёма на максимальную высоту  $H = 60$  м; б) от момента достижения максимальной высоты до момента, когда камень окажется на высоте  $h = 45$  м; \*в) от момента начала движения с поверхности Земли до момента, когда, опускаясь, камень второй раз за время полёта окажется на высоте  $h = 45$  м. Масса камня равна  $M = 1$  кг. Модуль ускорения свободного падения считайте равным  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

## §41 Работа сил

### Задача 4

На движущуюся кабину лифта массой  $M$  в течение некоторого промежутка времени трос действовал с постоянной силой  $\vec{F}$ . Найдите работу: а) силы  $\vec{F}$ ; б) силы тяжести; в) суммы этих сил над кабиной лифта, если за указанный промежуток времени она поднялась вертикально вверх на высоту  $H$ .



## §44 Механическая энергия системы тел

### Задача 1. «Падение»

Определите модуль  $v_k$  скорости, с которой подлетит к поверхности Земли камень, начавший свободно падать без начальной скорости ( $v_0 = 0$ ) с высоты  $h_0 = 20$  м. Модуль ускорения свободного падения считайте равным  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

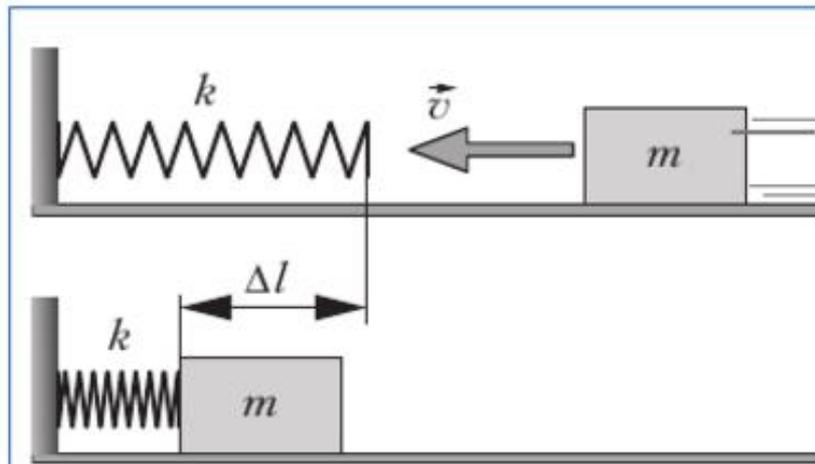
### Задача 2. «Подъём»

Определите максимальную высоту  $h_k$ , на которую поднимется камень, если его скорость у поверхности Земли направлена вертикально вверх, а её модуль  $v_0 = 30$  м/с. Модуль ускорения свободного падения считайте равным  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

## §44 Механическая энергия системы тел

### Задача 3. «Сжатие пружины»

На лёгкую упругую пружину жёсткостью  $k = 1 \text{ МН/м}$ , прикрепленную к стене, налетает скользящий по гладкой горизонтальной плоскости брусок массой  $m = 25 \text{ кг}$  (рис. 134). Модуль скорости бруска  $v = 10 \text{ м/с}$ . Определите максимальное сжатие пружины под действием этого бруска.



## §45 Мощность

### Задача 1

Спортсмен поднялся по вертикальному канату за время  $\Delta t = 16$  с на высоту  $h = 10$  м. Какую среднюю мощность развивал этот спортсмен? Масса спортсмена  $M = 80$  кг. Модуль ускорения свободного падения считайте равным  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

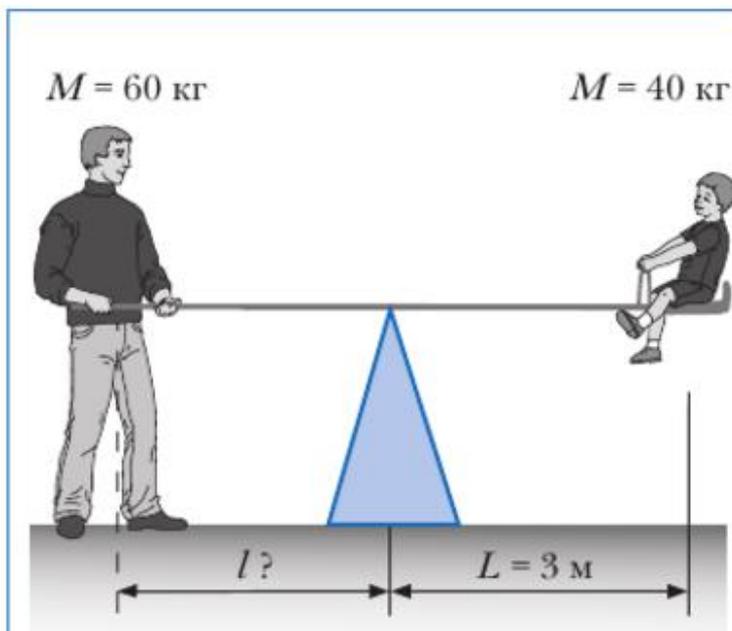
### Задача 2

Определите массу груза, который может поднимать кран с постоянной скоростью  $v = 90$  м/мин. Мощность двигателя крана  $N = 15$  кВт. Модуль ускорения свободного падения считайте равным  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

## §47 Применение условий равновесия твёрдого тела

### Задача «качели»

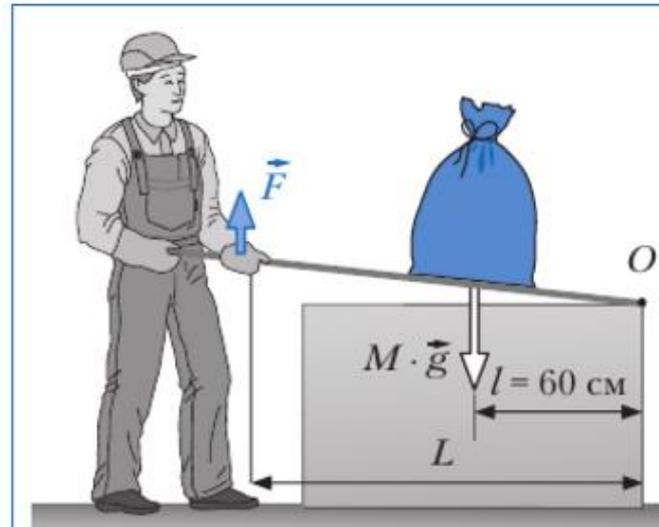
Старший брат массой  $M = 60$  кг посадил младшего брата массой  $m = 40$  кг на лёгкую доску качелей на расстоянии  $L = 3$  м от оси её вращения (рис. 139). Куда должен сесть старший брат, чтобы доска находилась в равновесии?



## §47 Применение условий равновесия твёрдого тела

### Задача «рычаг второго рода»

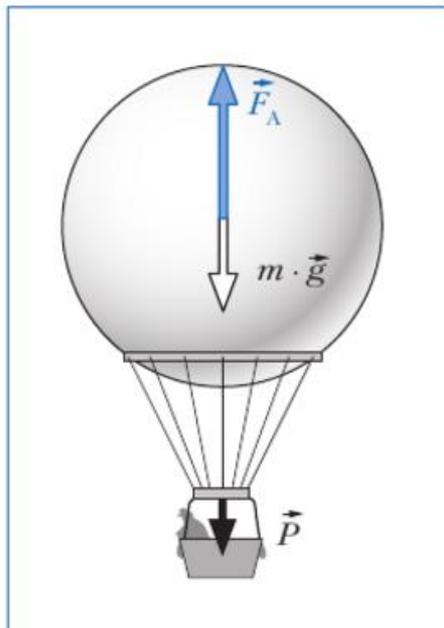
На каком расстоянии  $L$  от точки опоры  $O$  (см. рис. 140) должен взяться за лёгкий рычаг рабочий, чтобы приподнять груз массой  $M = 200$  кг? Линия действия веса этого груза проходит на расстоянии  $l = 60$  см от точки опоры. Рабочий прикладывает к рычагу силу, направленную вертикально вверх, её модуль  $F = 600$  Н.



# §54 Закон Архимеда

## Задача 1. Определение подъёмной силы воздушного шара

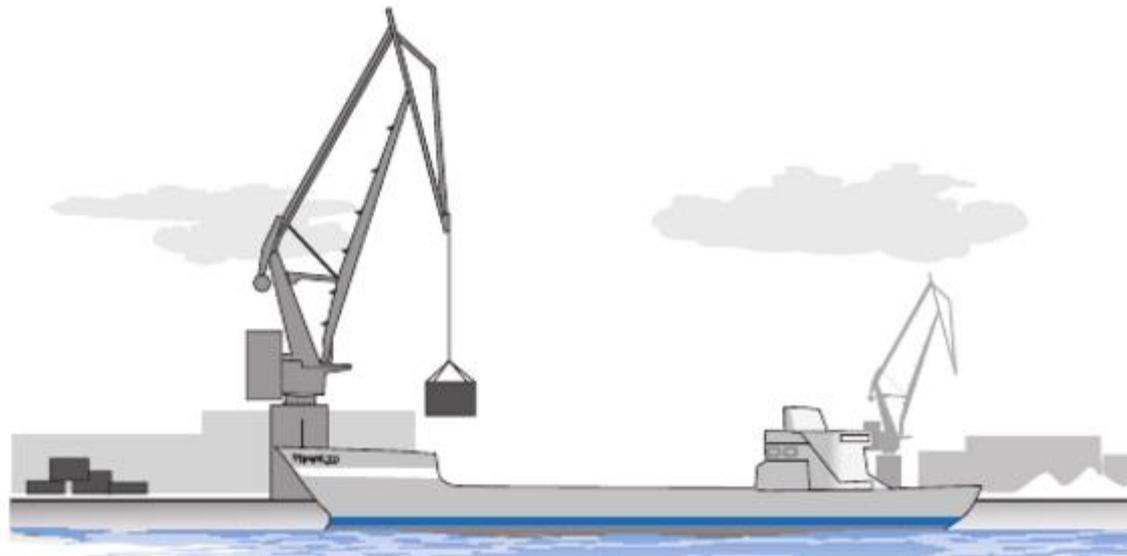
Подъёмной силой шара называют силу, равную по модулю весу груза, с которым шар может подниматься равномерно:  $F_{\text{под}} = P$ . Определите эту силу.



## §54 Закон Архимеда

### Задача 2. Определение водоизмещения и грузоподъёмности судна

Пусть судно массой  $M$  стоит у причала под погрузкой (рис. 168). На судно помещён груз массой  $m$  и судно находится в равновесии. Определите объём той части судна, которая находится ниже уровня воды.





корпорация

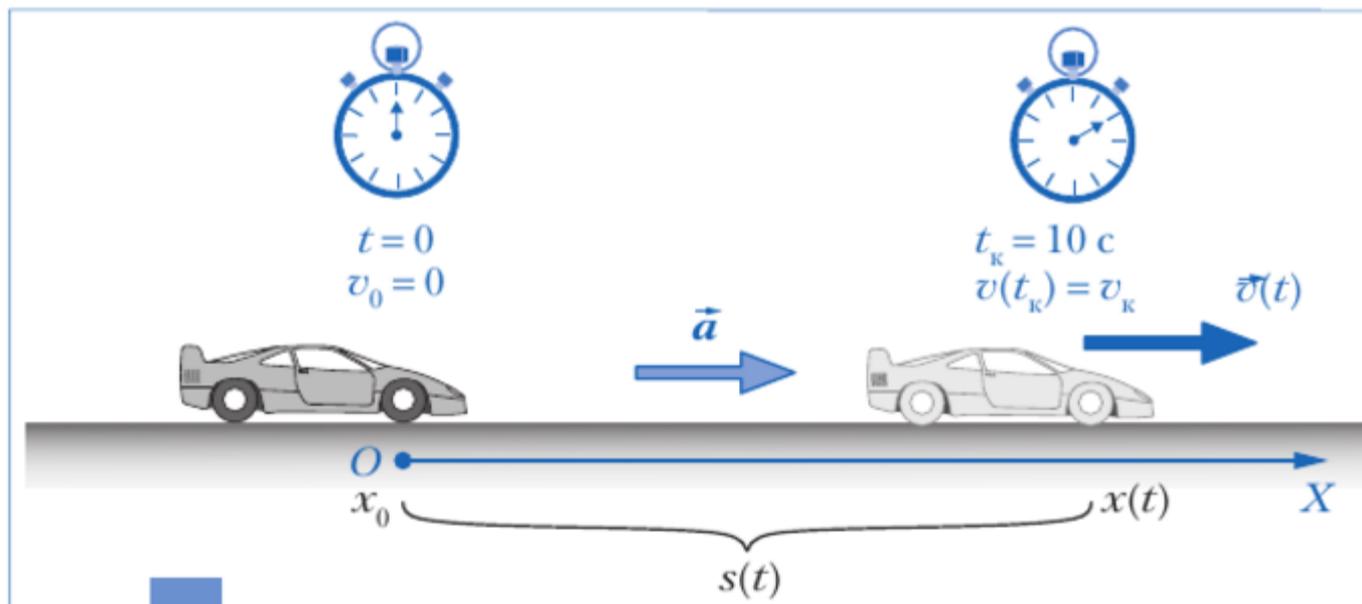
российский  
учебник

9 класс

Механика

## §2 Равноускоренное движение

Гоночный автомобиль трогается с места и набирает скорость  $40 \text{ м/с}$  ( $144 \text{ км/ч}$ ) за время  $10 \text{ с}$  (рис. 9). Определите путь, пройденный автомобилем за это время, считая его движение равноускоренным.



## §7 Сложение движений

### Задача 1

Заяц перебегает по льду замёрзшую реку шириной  $L = 30$  м перпендикулярно берегу (рис. 18). Опишите движение зайца относительно льда реки. Определите время, через которое заяц переберётся на другой берег, если модуль скорости его движения равен  $3$  м/с.

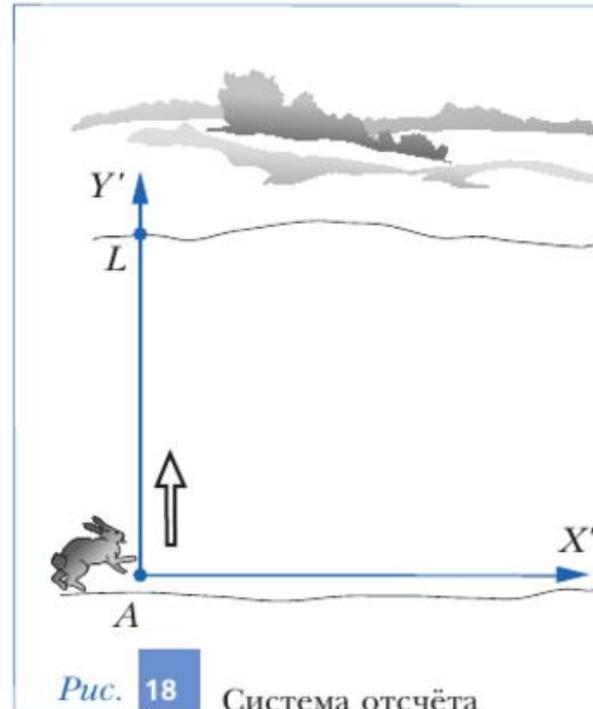


Рис. 18

Система отсчёта для описания движения зайца связана с неподвижным льдом

## §7 Сложение движений

### Задача 2

Теперь представьте, что заяц бежит по льдине не зимой, а весной — во время ледохода. Ширина реки равна 30 м. Заяц движется относительно льдины равномерно прямолинейно в направлении противоположного берега. Модуль его скорости относительно льдины, как и раньше, равен 3 м/с. При этом льдина движется по течению реки поступательно равномерно прямолинейно относительно берегов (рис. 19). Модуль её скорости  $v_{\text{л}} = 4$  м/с. Опишите движение зайца относительно берегов реки. Определите, в каком месте заяц соскочит со льдины на противоположный берег.

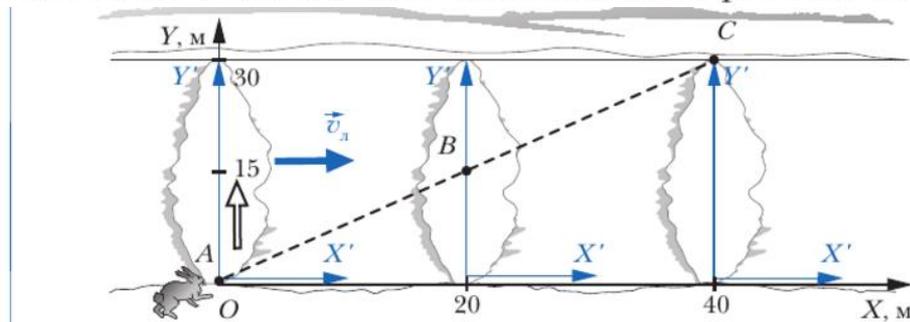


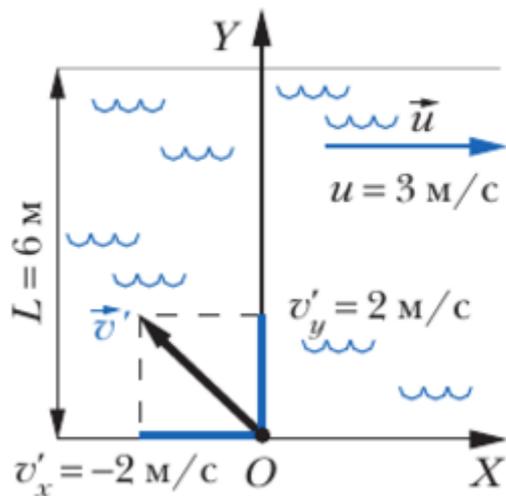
Рис. 19

Система отсчёта  $X'Y'$  связана с плывущей по реке льдиной. Система отсчёта  $XY$  связана с берегом. Одна система отсчёта движется относительно другой прямолинейно равномерно

## §7 Сложение движений

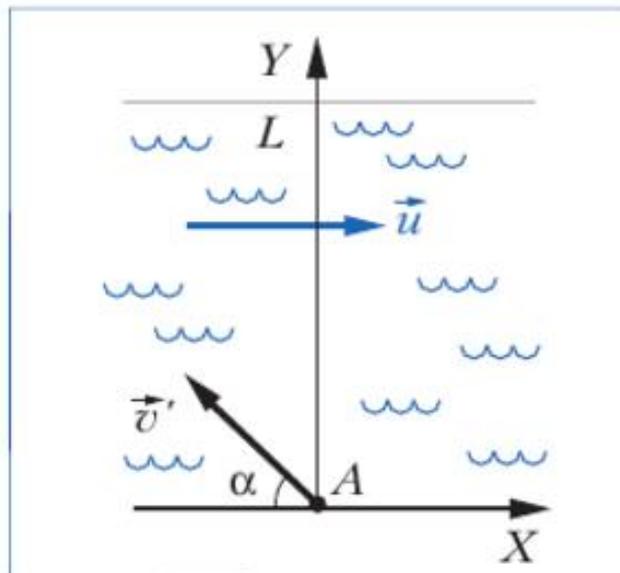
### Задача 1

Мальчик переплывает реку на моторной лодке так, что проекции скорости  $\vec{v}'$  лодки относительно воды на координатные оси системы отсчёта  $XU$ , связанной с берегом, равны соответственно  $v'_x = -2$  м/с и  $v'_y = 2$  м/с (рис. 21). Скорость  $\vec{u}$  течения во всех местах реки одинакова, а её модуль равен 3 м/с. Ширина реки  $L = 6$  м. Определите: а) время, за которое лодка достигнет противоположного берега; б) путь, который пройдёт лодка в системе отсчёта  $XU$ , связанной с берегом.



а) время, за которое лодка достигнет противоположного берега; б) путь, который пройдёт лодка в системе отсчёта  $XU$ , связанной с берегом.

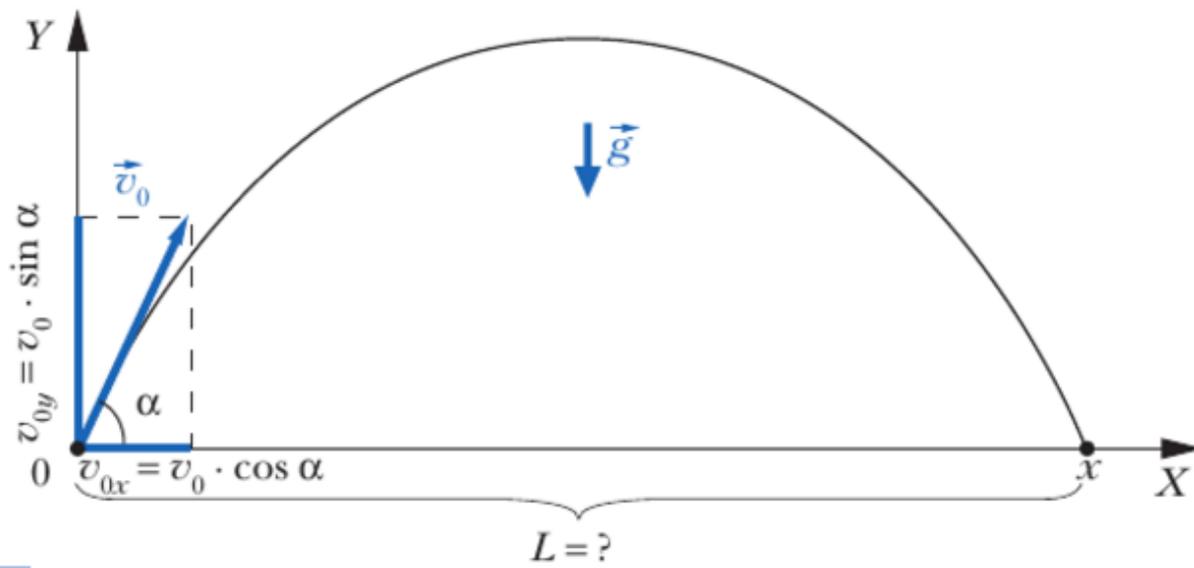
## §7 Сложение движений



Пловец переплывает реку с параллельными берегами, направляясь со скоростью  $\vec{v}'$  относительно воды под углом  $\alpha$  к берегу, как показано на рис. 23. Ширина реки равна  $L$ . Скорость течения реки одинакова во всех местах и равна по модулю  $u$ . Определите, на какое расстояние  $l$  вдоль берега переместится пловец (по сравнению с местом напротив старта) к тому моменту, когда переплывёт реку.

## §9 Движение тела, брошенного под углом к горизонту

Рассмотрим свободное падение камня, который бросили с горизонтальной площадки с известной начальной скоростью  $\vec{v}_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту (рис. 28). Определим расстояние  $L$  по горизонтали от точки бросания камня до места его падения.



## §13 Движение тела под действием нескольких сил

### Задача 1

На горизонтальной поверхности стола, неподвижного относительно Земли, лежит брусок массой  $m = 5$  кг. В некоторый момент времени на

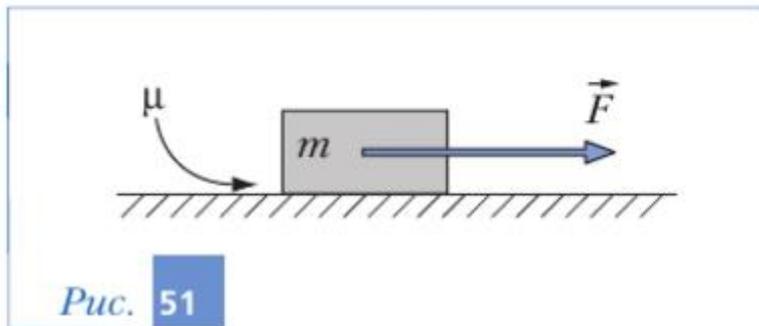


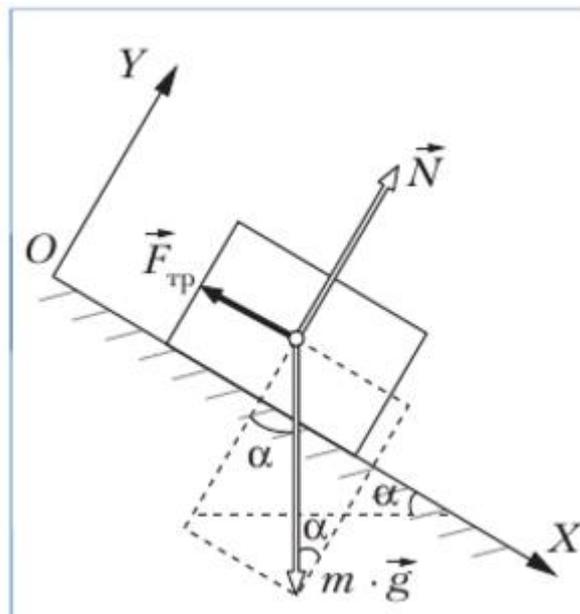
Рис. 51

брусок начинает действовать горизонтально направленная сила  $\vec{F}$  (рис. 51), модуль которой равен 20 Н. В результате брусок начинает двигаться поступательно в направлении силы  $\vec{F}$ . Определите ускорение бруска, если коэффициент трения  $\mu$  между ним и поверхностью стола равен 0,3.



## §13 Движение тела под действием нескольких сил

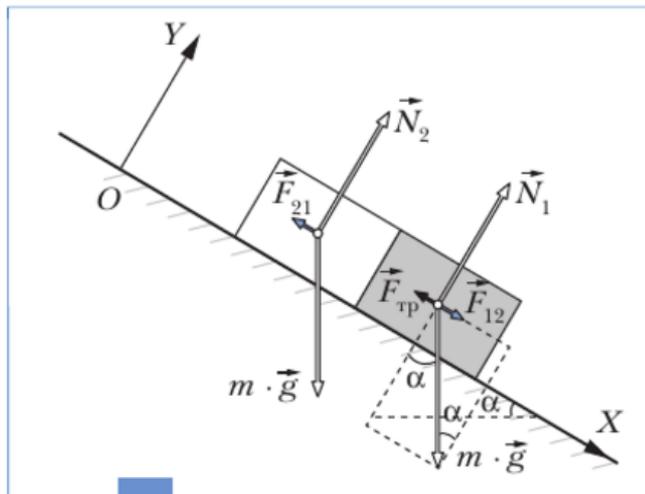
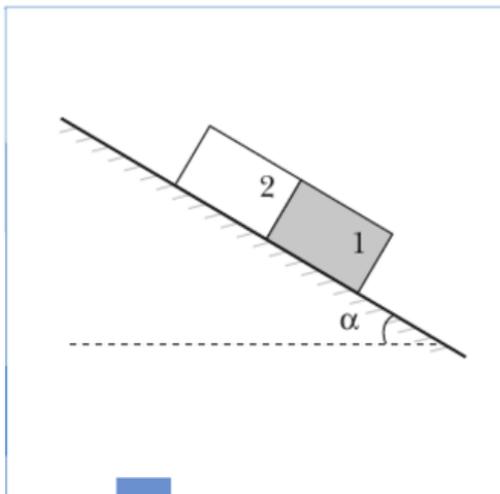
По плоскости, образующей с горизонтом угол  $\alpha$ , соскальзывает вниз брусок массой  $m$ . Найдите ускорение бруска, если известно, что коэффициент трения бруска о плоскость равен  $\mu$ .



## §14 Движение взаимодействующих тел

### Задача 1

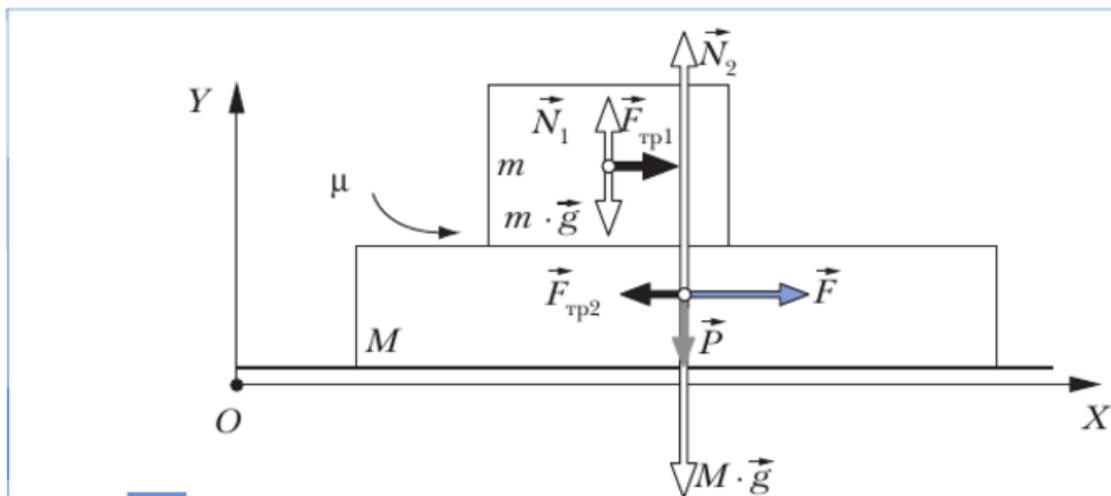
На наклонённой под углом  $\alpha$  к горизонту плоскости удерживают два бруска так, как показано на рис. 56. Масса каждого бруска равна  $m$ . Коэффициент трения о поверхность первого бруска равен  $\mu$ . Второй брусок гладкий. После отпуска бруски начинают поступательно скользить вниз по наклонной плоскости. Определите модуль силы, с которой второй брусок будет давить на первый.



## §14 Движение взаимодействующих тел

### Задача 2

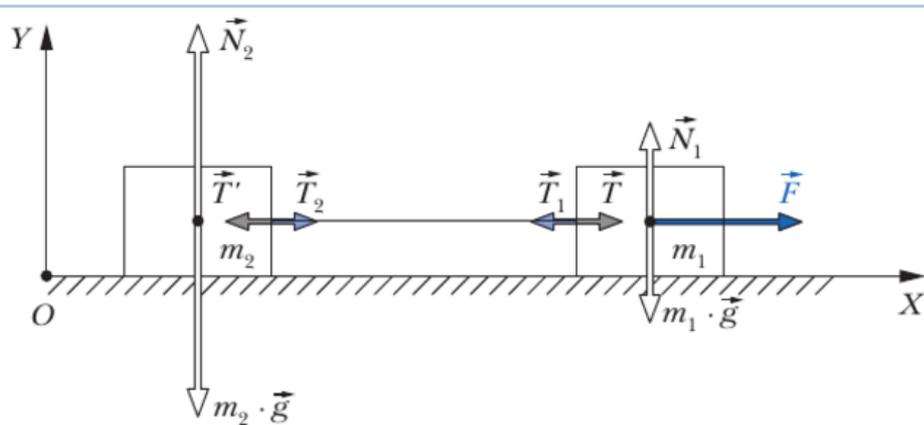
Доска массой  $M$  лежит на гладкой горизонтальной поверхности. На доске лежит брусок массой  $m$  (рис. 59). Коэффициент трения между бруском и доской равен  $\mu$ . Определите, с какой минимальной по модулю горизонтально направленной силой  $\vec{F}$  надо подействовать на доску, чтобы в процессе начавшегося движения брусок начал скользить по доске.



## §15 Движение связанных тел

### Задача 1

На горизонтальной поверхности стола удерживают два маленьких гладких бруска массами  $m_1 = 1$  кг и  $m_2 = 2$  кг. Бруски связаны друг с другом лёгкой нерастяжимой нитью, которая натянута. В некоторый момент времени бруски отпускают. Одновременно на первый брусок начинает действовать сила  $\vec{F}$  так, как показано на рис. 60. В результате бруски начинают поступательно двигаться в направлении действия этой силы. Определите ускорения брусков, если модуль силы  $\vec{F}$  равен 6 Н.

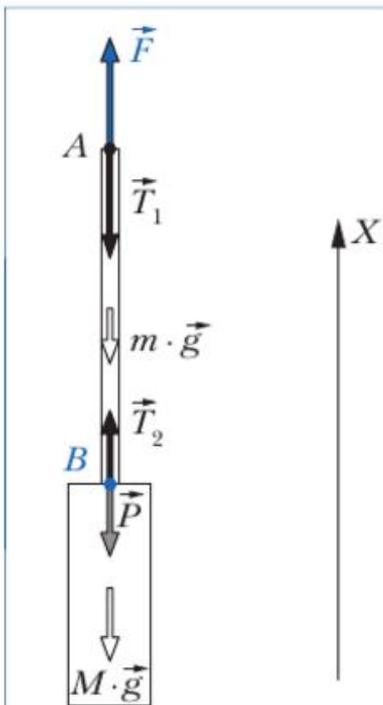


## §15 Движение связанных тел

### Задача 2

Вертикально расположенную нерастяжимую верёвку массой  $m = 1$  кг тянут рукой за её верхний конец с силой  $\vec{F}$ , модуль которой равен 60 Н.

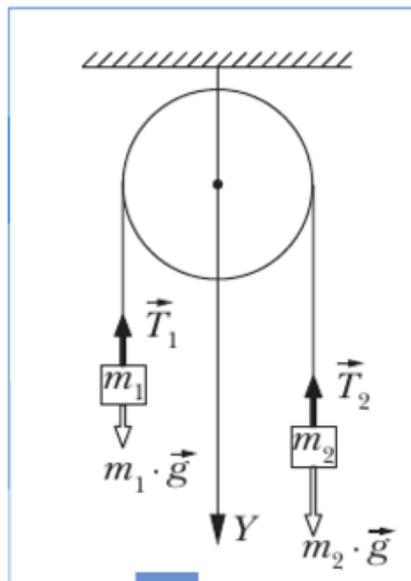
К нижнему концу верёвки прикреплён груз массой  $M = 4$  кг. Определите ускорения груза и верёвки. Рассчитайте и сравните модули сил упругости  $\vec{T}_1$ , с которой верёвка действует на руку, и  $\vec{T}_2$ , с которой верёвка действует на груз.



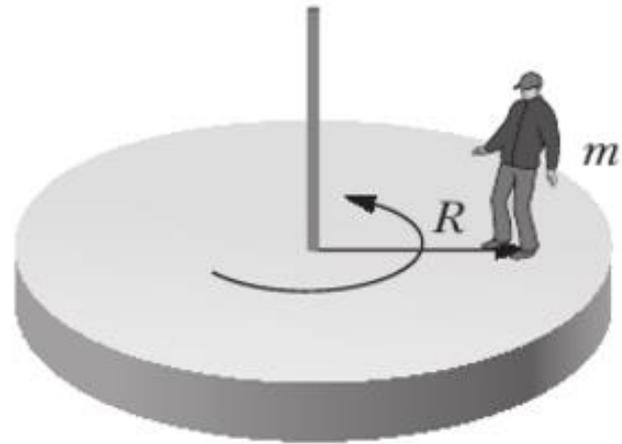
## §15 Движение связанных тел

### Задача 3

Через неподвижный относительно Земли блок перекинута гладкая лёгкая нерастяжимая нить, которая может скользить по блоку. К концам нити прикрепляют грузы, массы которых равны  $m_1$  и  $m_2$  (рис. 62). Определите ускорения грузов после их одновременного отпуска.



## §16 Динамика равномерного движения по окружности



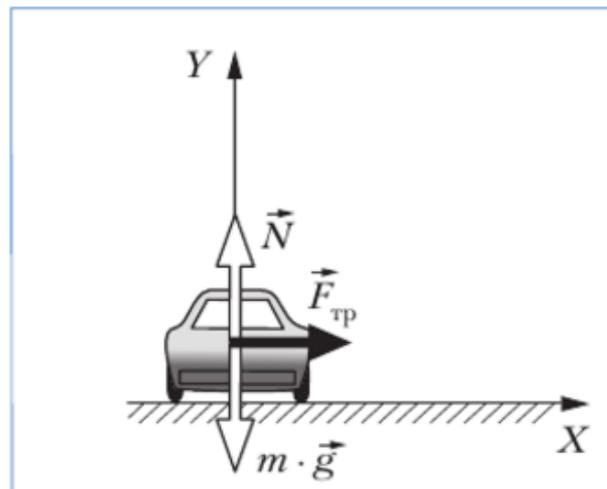
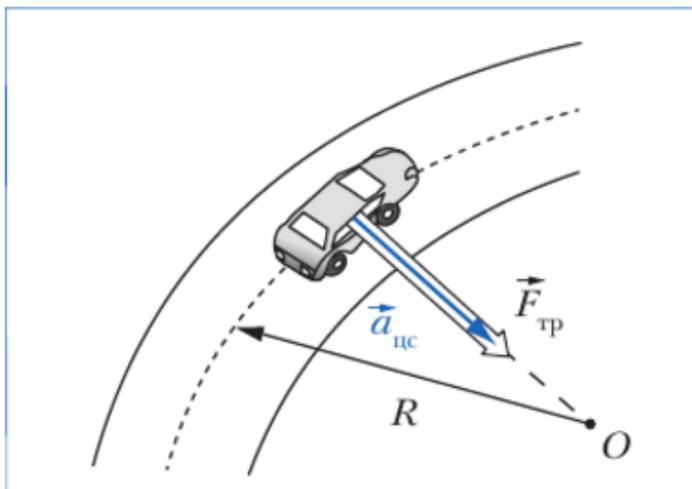
### Задача 1

На равномерно вращающейся вокруг вертикальной оси карусели стоит человек массой  $m$  (рис. 66). Угловая скорость вращения карусели равна  $\omega$ . Расстояние от оси вращения до человека равно  $R$ . Определите силу трения покоя, которая действует на человека со стороны поверхности карусели.

## §17 Динамика равномерного движения по окружности

### Задача 1. Движение тела на поворотах

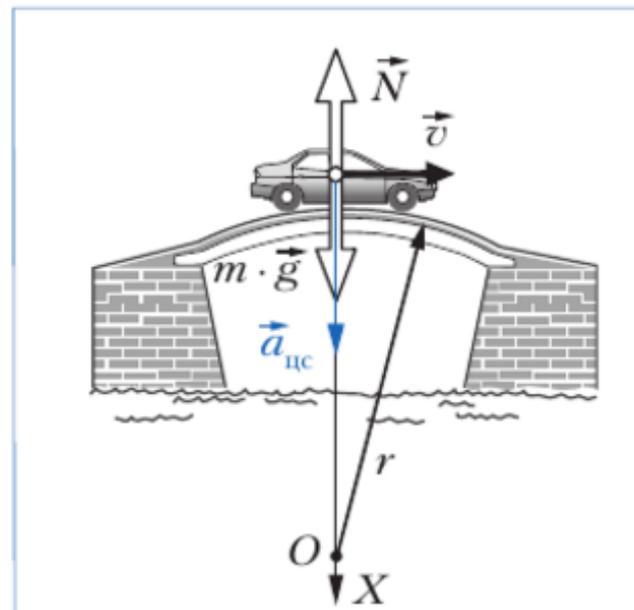
Водитель, не сбавляя скорости, устанавливает руль так, что автомобиль на повороте движется по дуге окружности радиусом  $R$  с центром в точке  $O$  (рис. 72). Коэффициент трения между колёсами автомобиля и дорогой равен  $\mu$ . Определите максимально возможный модуль скорости  $\vec{v}$  автомобиля, при которой он не соскользнет с трассы.



## §17 Динамика равномерного движения по окружности

### Задача 2. Движение автомобиля по мосту

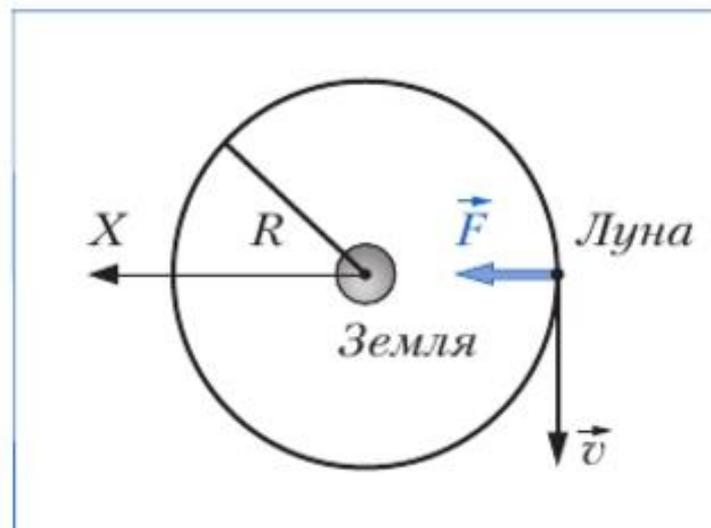
Автомобиль массой  $m = 1$  т движется по выпуклому мосту, представляющему собой дугу окружности радиусом  $r = 100$  м (рис. 75). Модуль скорости автомобиля постоянен и равен  $v = 72$  км/ч. Определите модуль силы  $\vec{P}$ , с которой автомобиль действует на мост в его верхней точке.



## §19 Движение планет. ИСЗ.

### Задача 1

Определите модуль  $v$  скорости движения Луны относительно Земли, а также период  $T$  её обращения вокруг Земли.



## §19 Движение планет. ИСЗ.

### Задача 2

Известно, что модуль скорости движения Земли вокруг Солнца  $v = 30$  км/с, а период её обращения  $T = 1$  год. Оцените среднее расстояние от Земли до Солнца.

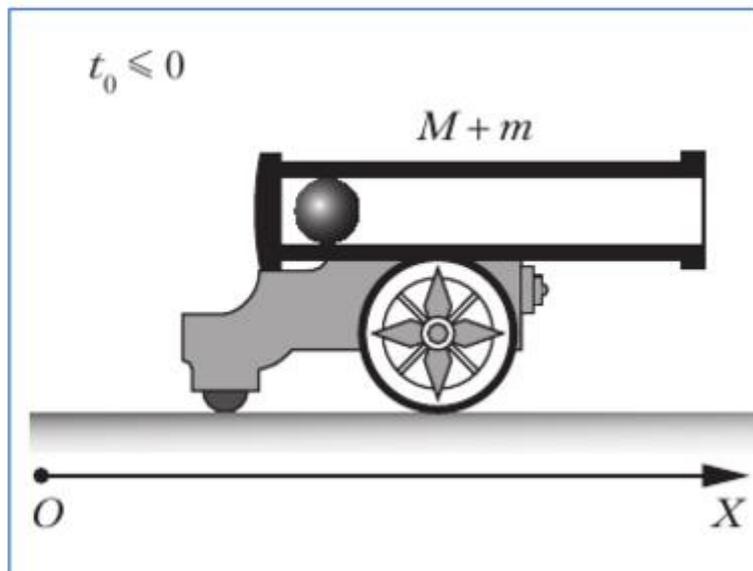
### Задача 3

Зная, что среднее расстояние от Земли до Солнца равно 1 а. е., а модуль скорости движения Земли по орбите  $v = 30$  км/с, оцените массу Солнца.

## §24 Закон сохранения импульса

### Задача 1. «Выстрел»

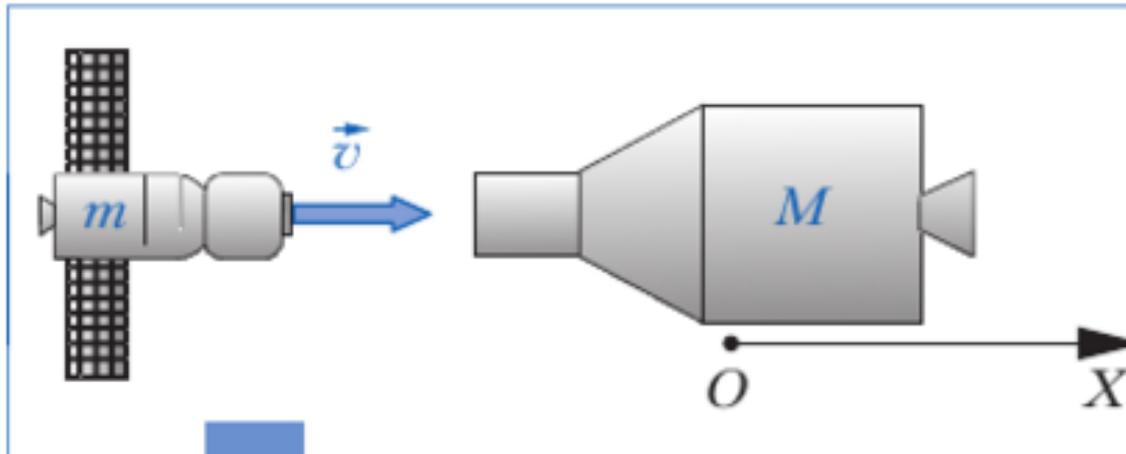
Представим себе, что стоящая на гладкой горизонтальной поверхности пушка производит выстрел таким образом, что вылетающий из неё в горизонтальном направлении снаряд массой  $m = 10$  кг сразу после выстрела имеет относительно Земли скорость, модуль которой  $|\vec{v}| = 500$  м/с (рис. 90). Масса пушки  $M = 1000$  кг.  
найти скорость пушки после выстрела.



## §24 Закон сохранения импульса

### Задача 2. «Стыковка»

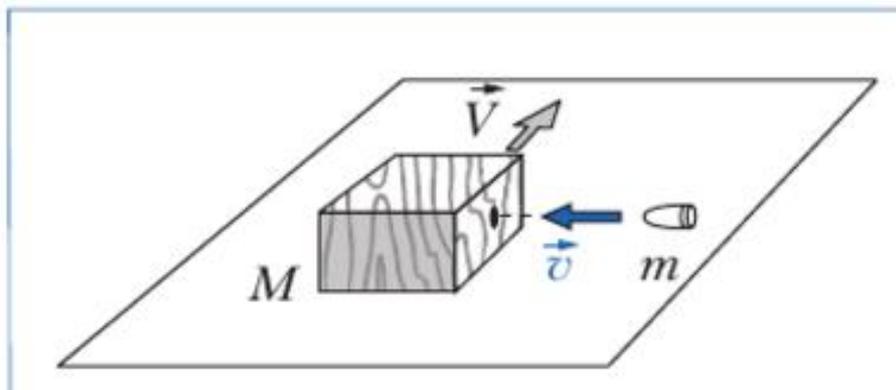
К межпланетной космической станции массой  $M$ , покоящейся относительно некоторой инерциальной системы отсчёта вдали от небесных тел, пристыковывается космический корабль массой  $m$ . Скорость корабля относительно станции равна  $\vec{v}$ . Найдите скорость  $\vec{V}$  станции с пристыковавшимся к ней кораблём.



## §24 Закон сохранения импульса

### Задача 3

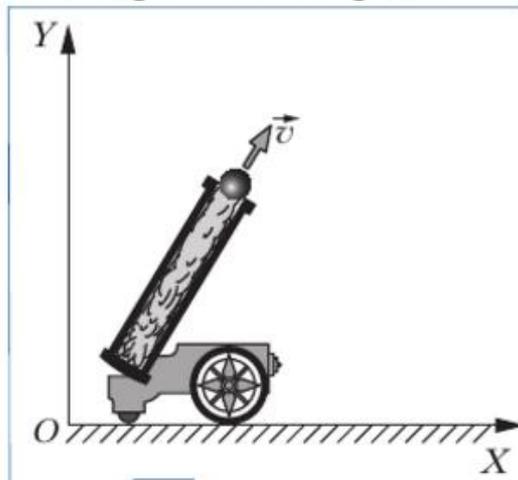
Брусек массой  $M = 0,99$  кг скользит по гладкому горизонтальному полу со скоростью, модуль которой  $V = 1$  м/с. Пуля массой  $m = 10$  г подлетает к бруску со скоростью, модуль которой  $v = 99$  м/с. Направление скорости пули горизонтально и перпендикулярно направлению скорости бруска (рис. 93). Определите модуль и направление скорости  $\vec{u}$  бруска с застрявшей в нём пулей, если после попадания пули брусок движется поступательно.



## §24 Закон сохранения импульса

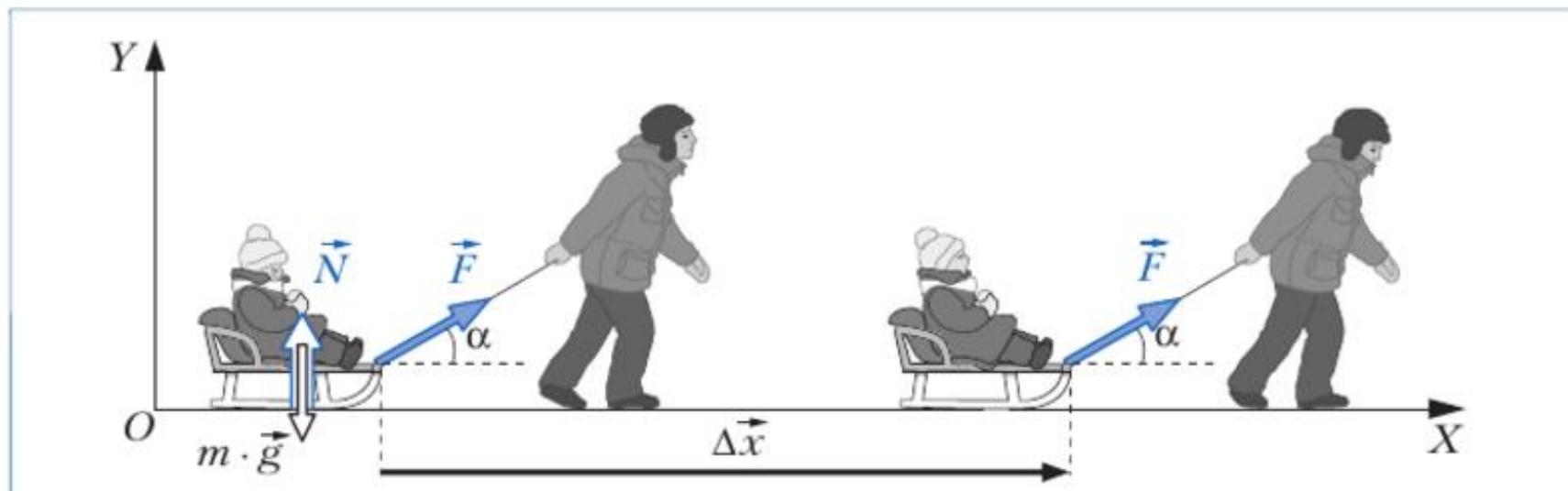
### Задача 4

Стоящая на гладкой горизонтальной поверхности пушка производит выстрел так, что снаряд массой  $m = 10$  кг вылетает из её ствола под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту. Модуль скорости снаряда относительно поверхности Земли сразу после выстрела равен  $|\vec{v}| = 1000$  м/с (рис. 95). Масса пушки  $M = 1$  т. Во время выстрела снаряд взаимодействует с пушкой. Поэтому и изменяются их скорости. Определите скорость пушки после выстрела.



## §26 Кинетическая энергия

Девятиклассник Алексей тянет по гладкому горизонтальному льду санки с младшей сестрой Катей (рис. 106). Угол между верёвкой и горизонтальной поверхностью  $\alpha = 60^\circ$ . Масса санок вместе с Катей равна  $m = 25$  кг. Определите модуль  $F$  постоянной силы натяжения верёвки, если после перемещения санок на 4 м модуль их скорости увеличился от 1 до 3 м/с.



## §28 Механическая энергия системы тел

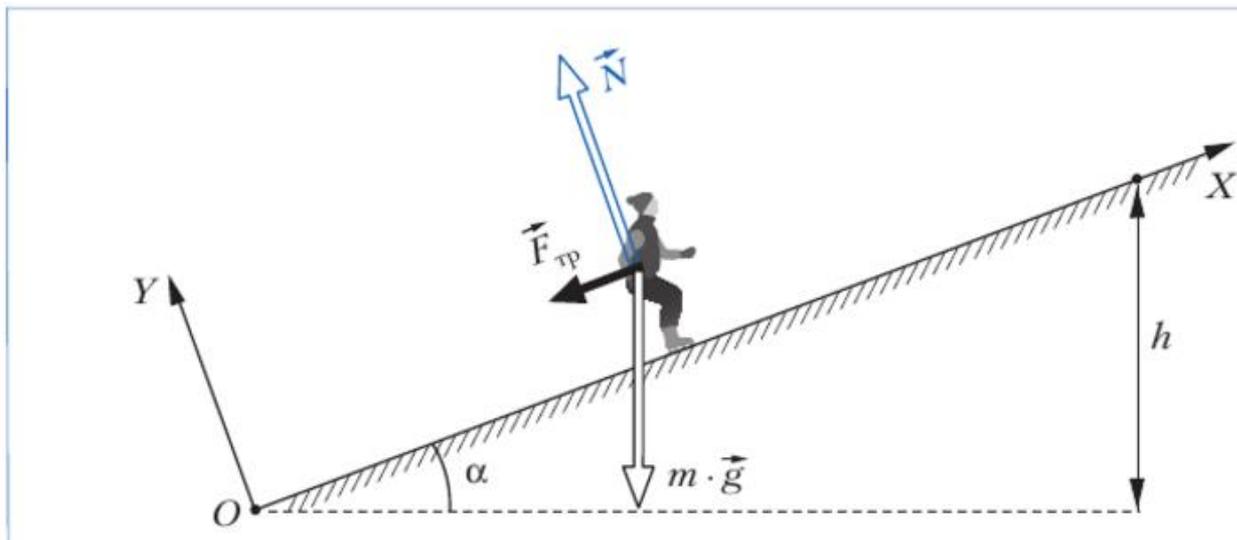
### Задача 1

На тело массой  $m = 5$  кг, лежащее на поверхности Земли, начинает действовать направленная вертикально вверх сила, модуль которой  $F = 150$  Н. Каким будет модуль скорости этого тела, когда оно окажется на высоте  $H = 10$  м?

## §28 Механическая энергия системы тел

### Задача 2

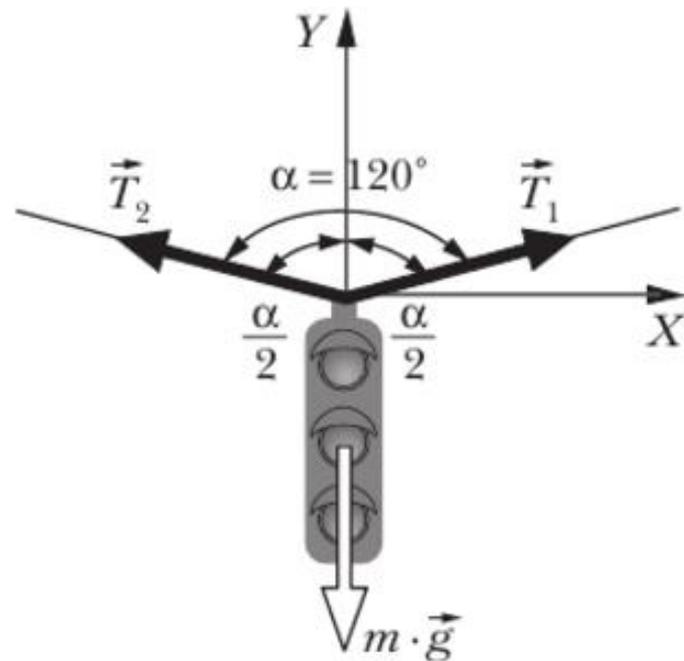
Конькобежец массой  $m$  разогнался до скорости  $\vec{v}_0$  и въехал на ледяную горку, наклон которой составляет угол  $\alpha$  с горизонтом (рис. 112). Определите максимальную высоту  $h$ , на которую въедет конькобежец, если коэффициент трения коньков о лёд равен  $\mu$ .



## §30 Статика

### Задача 1

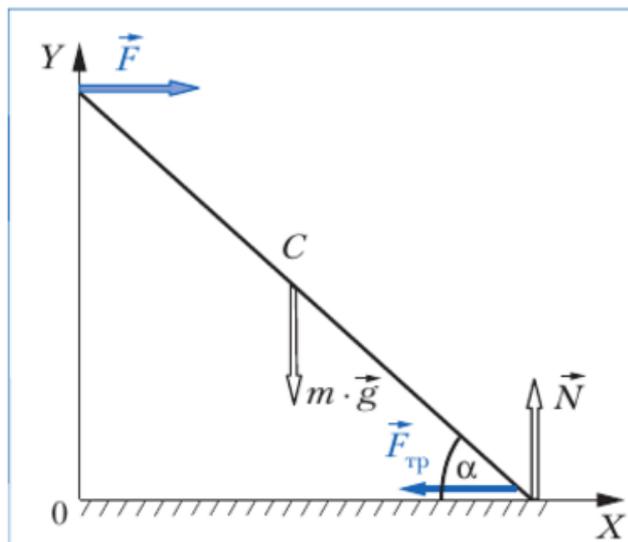
Определите модуль силы  $\vec{T}$  натяжения лёгкого троса, на котором висит светофор массой  $m = 10$  кг (рис. 120), если угол между вертикалью и каждой частью троса равен  $\frac{\alpha}{2} = 60^\circ$ .



## §30 Статика

### Задача 2

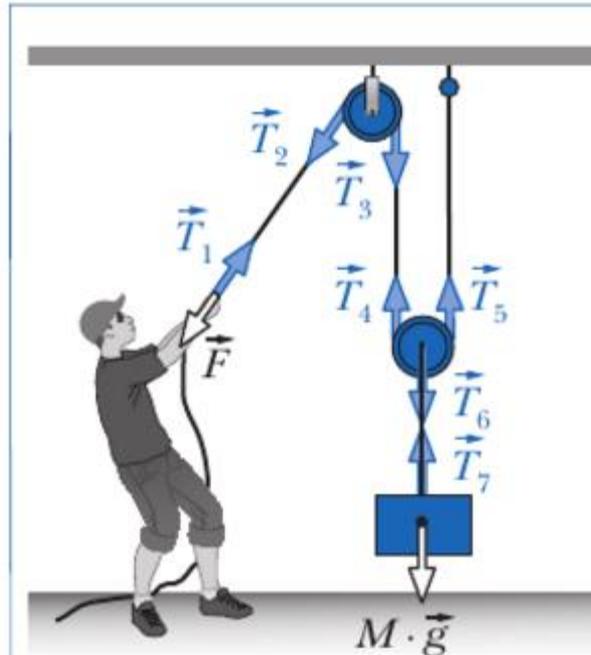
К гладкой стене прислонена лестница массой  $m$  и длиной  $L$ , составляющая угол  $\alpha$  с горизонтом (рис. 121). Определите, каким должен быть коэффициент трения  $\mu$  лестницы о пол, чтобы она находилась в равновесии.



## §30 Статика

### Задача 3

Воспользуемся условиями равновесия твёрдого тела для определения выигрыша в силе, который даёт система блоков, показанная на рис. 122.





корпорация

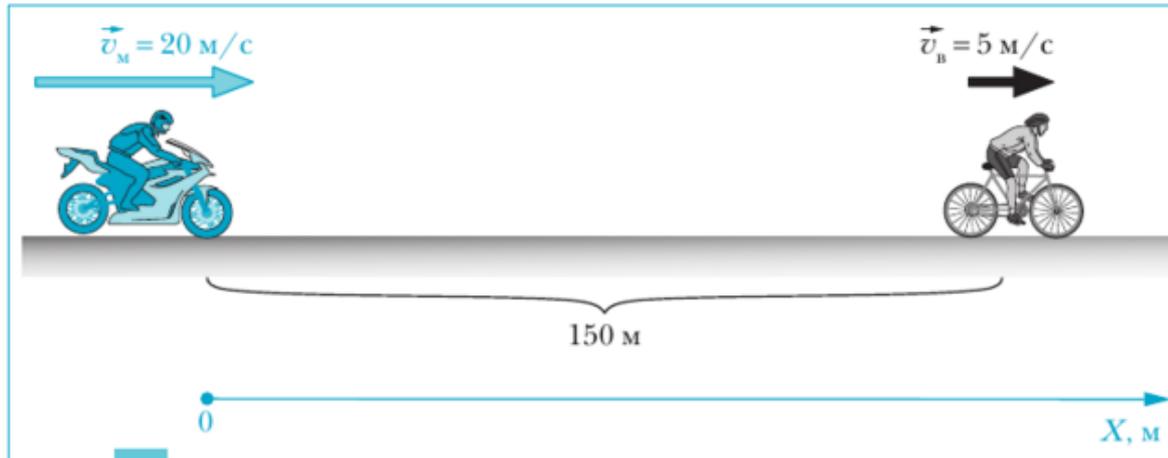
российский  
учебник

10 класс

## §5 Решение задач кинематики равномерного прямолинейного движения

### Графический способ решения

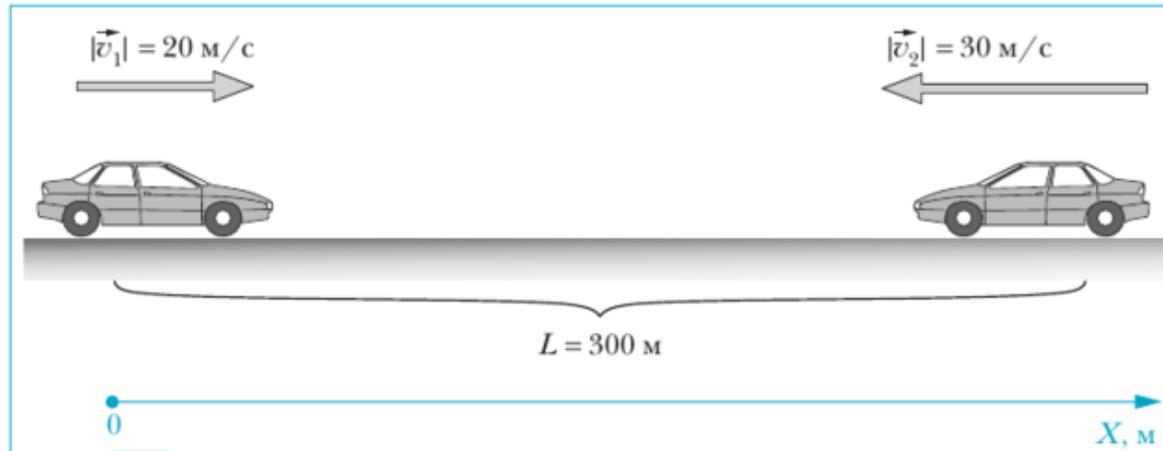
**Задача 1.** Пусть по прямой дороге едет велосипедист со скоростью, модуль которой  $v_v = 5$  м/с (рис. 24). Вслед за ним в том же направлении движется мотоциклист со скоростью, модуль которой  $v_m = 20$  м/с. Расстояние между ними в начальный момент времени равно  $S = 150$  м. Определите, где (на каком расстоянии от начального положения) мотоциклист догонит велосипедиста и когда (через какое время  $t$ ) это произойдет.



## §5 Решение задач кинематики равномерного прямолинейного движения

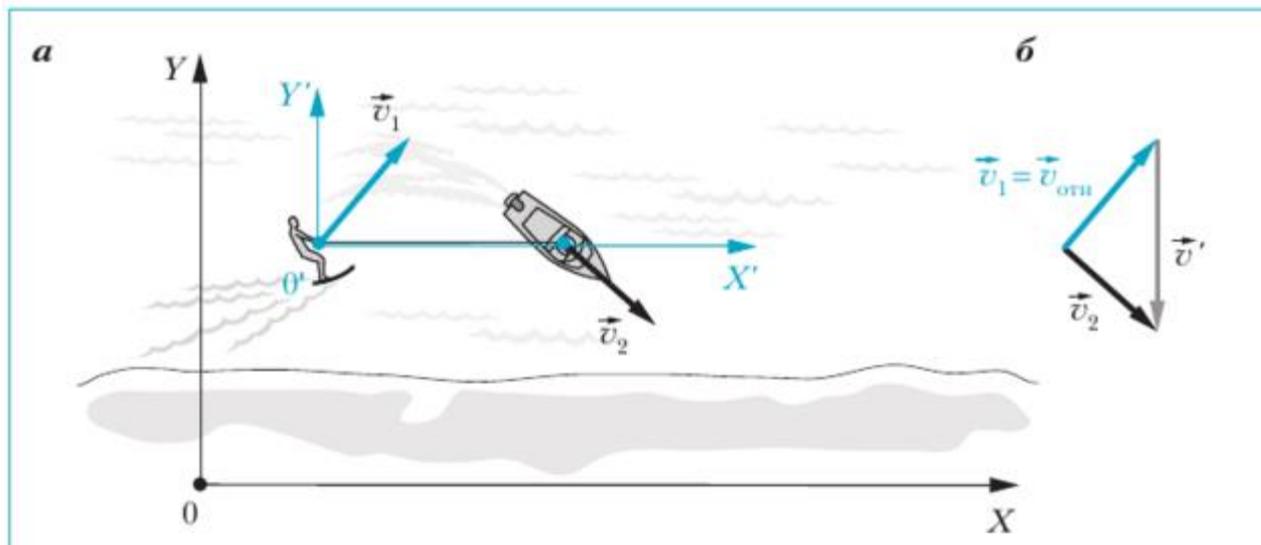
### Аналитический способ решения

**Задача 2.** Пусть два автомобиля *1* и *2* движутся навстречу друг другу относительно Земли со скоростями, модули которых равны соответственно  $v_1 = 20$  м/с и  $v_2 = 30$  м/с (рис. 26). В момент начала наблюдения расстояние между автомобилями было  $L = 300$  м. Определите, через какое время  $t_{\text{в}}$  после начала наблюдения произойдёт встреча этих автомобилей.



## §6 Сложение движений: Движение связанных тел

Пусть по морю движется катер со скоростью  $\vec{v}_2$  относительно воды и берега. С берегом связана система отсчёта  $XY$  (рис. 30, *a*). К катеру прикреплён трос, за другой конец которого держится спортсмен на водных лыжах. Скорость спортсмена относительно воды равна  $\vec{v}_1$ . Определим скорость  $\vec{v}'$  движения катера относительно спортсмена.



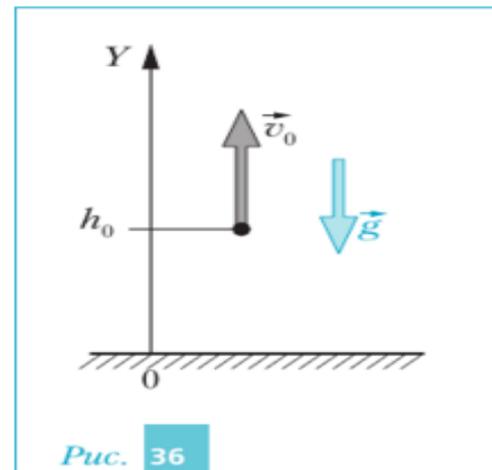
## §8 Равноускоренное движение

### Аналитический способ решения

Рассмотрим пример решения задачи о свободном падении тела.

#### Задача 1

Пусть с высоты  $h$  над поверхностью Земли вертикально вверх с начальной скоростью  $\vec{v}_0$  бросают камень (см. рис. 36). Определите время полёта  $t_{\text{п}}$  камня и скорость  $\vec{v}_{\text{пад}}$  его падения на Землю.



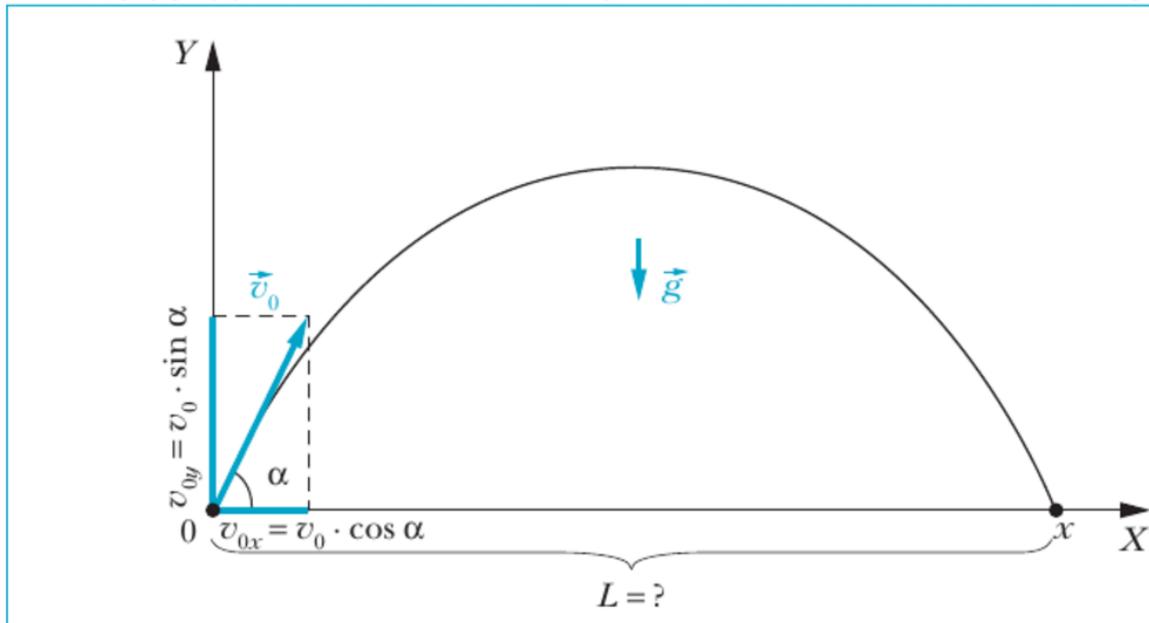
## Пример из ЕГЭ

Тело, свободно падающее с некоторой высоты, первый участок пути проходит за время  $\tau = 1$  с, а такой же последний – за время  $\frac{1}{2}\tau$ . Найдите полное время падения  $t$ , если начальная скорость равна нулю.



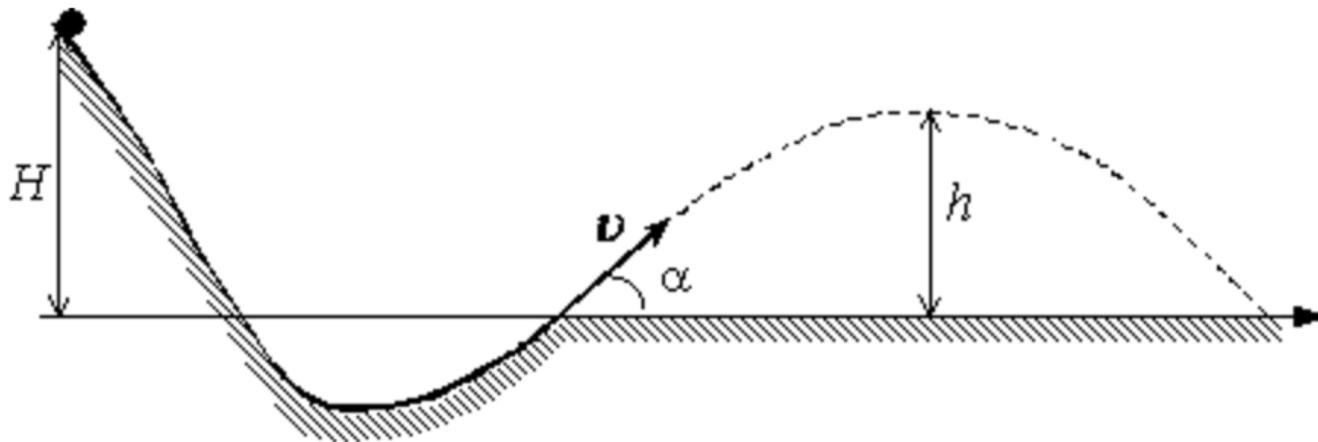
## §8 Движение тела, брошенного под углом к горизонту

Камень бросили с горизонтальной площадки с начальной скоростью  $\vec{v}_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту (рис. 41). Определите время полёта  $t_{\text{п}}$  и дальность полёта  $L$  камня по горизонтали от точки бросания камня до места его падения на эту площадку, а также высоту  $H$  максимального подъёма камня.



## Пример из ЕГЭ

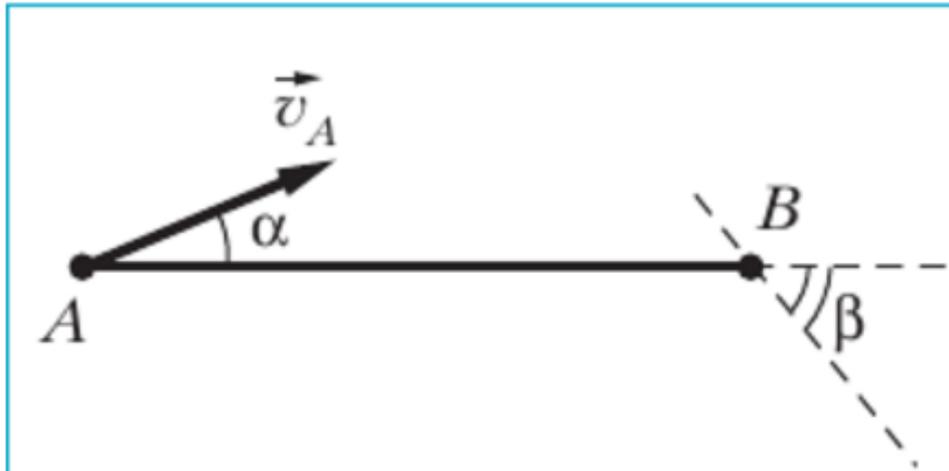
При выполнении трюка «Летающий велосипедист» гонщик движется по трамплину под действием силы тяжести, начиная движение из состояния покоя с высоты  $H$  (см. рисунок). На краю трамплина скорость гонщика направлена под таким углом к горизонту, что дальность его полета максимальна. Пролетев по воздуху, гонщик приземляется на горизонтальный стол, находящийся на той же высоте, что и край трамплина. Какова высота полета  $h$  на этом трамплине? Сопротивлением воздуха и трением пренебречь.



## §13 Плоское движение твёрдых тел

### Задача 1. Движение твёрдого стержня по плоскости

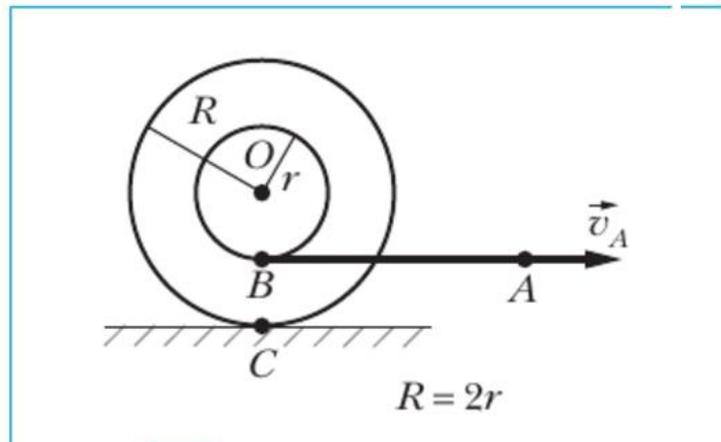
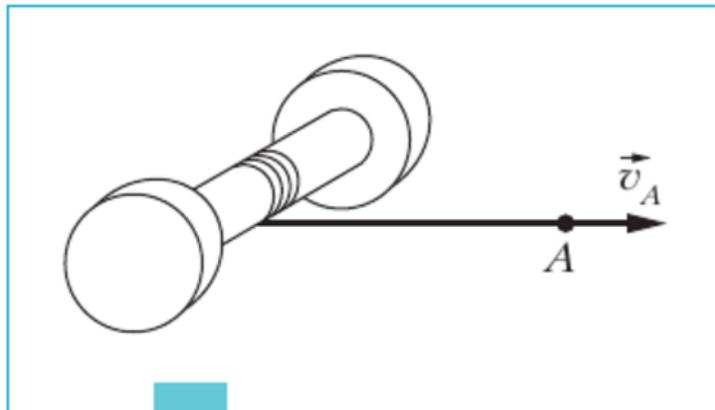
Твёрдый тонкий стержень  $AB$  скользит по плоскости. Известно, что в некоторый момент времени скорость точки  $A$  стержня равна по модулю  $v_A$  и составляет со стержнем угол  $\alpha$  (рис. 69). Скорость точки  $B$  в этот же момент времени составляет со стержнем угол  $\beta$ . Определите модуль скорости движения точки  $B$  в данный момент времени.



## §13 Плоское движение твёрдых тел

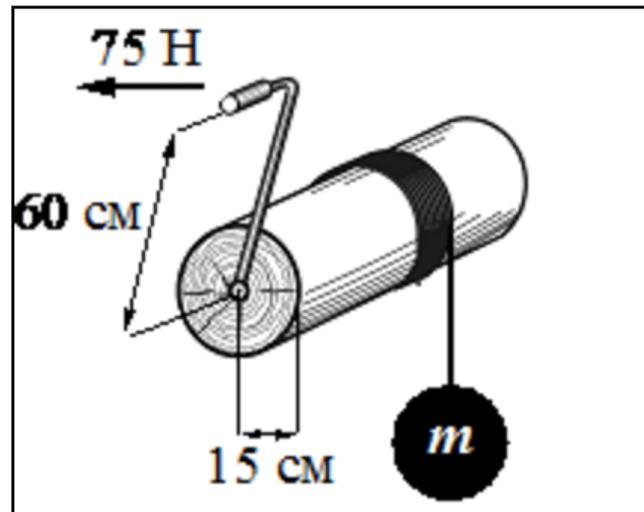
### Задача 2. Движение катушки с нитью

Катушку, лежащую на горизонтальной крышке стола, тянут за конец  $A$  нерастяжимой нити, которая намотана на среднюю часть катушки. При этом катушка катится без проскальзывания и её ось не изменяет своей ориентации относительно стола (рис. 74). Скорость движения точки  $A$  нити постоянна и равна  $\vec{v}_A$ . Определите скорость движения оси  $O$  катушки, если радиус  $r$  её средней части в 2 раза меньше радиуса  $R$  её щёк.



## Пример из ЕГЭ

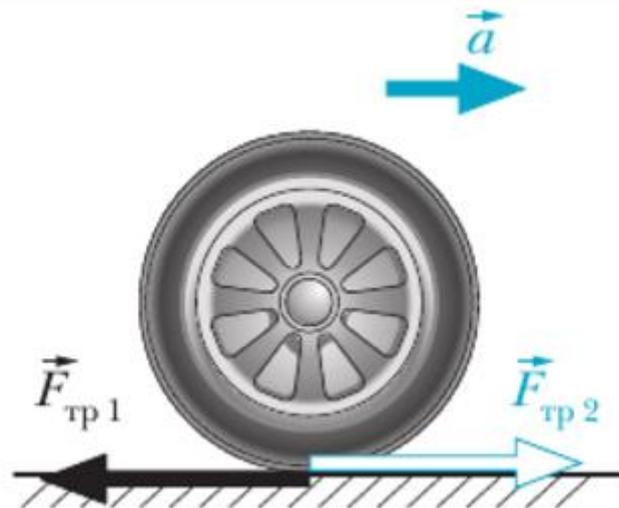
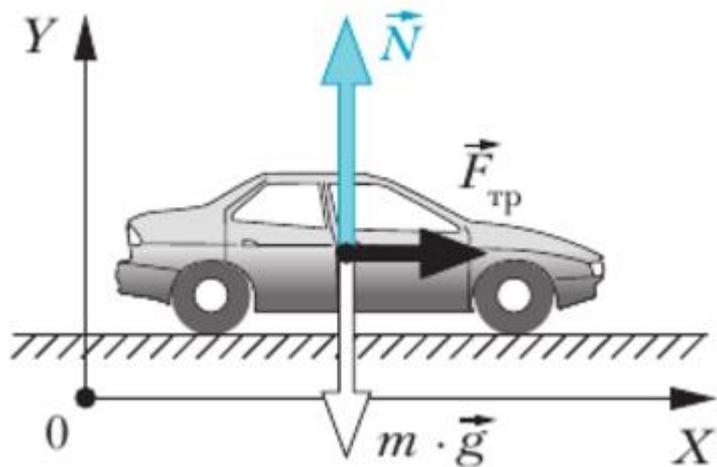
Длина рукоятки ворота 60 см, радиус вала 15 см (см. рисунок).  
Какую максимальную массу  $m$  можно равномерно поднимать при помощи ворота, прикладывая к рукоятке силу 75 Н? Трением пренебречь.



## §21 Движение тела под действием нескольких сил

### Задача 1

По горизонтальной дороге разгоняется автомобиль массой  $m$  (рис. 118). Все колёса автомобиля ведущие. Коэффициент трения между колёсами и поверхностью дороги равен  $\mu$ . Определите максимально возможное ускорение автомобиля.

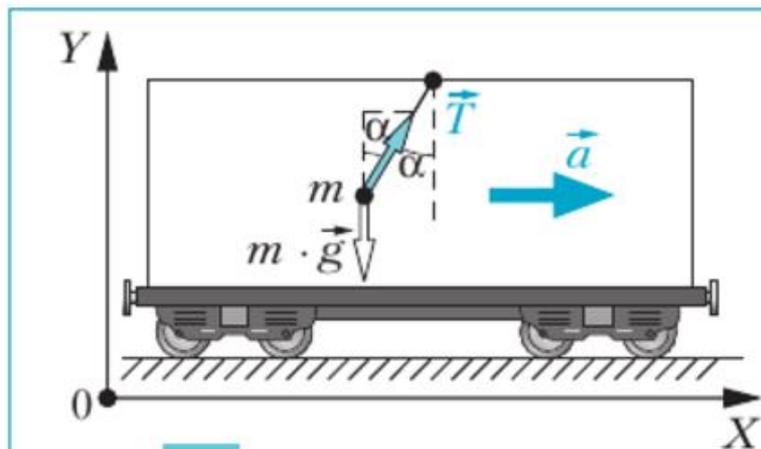


## §21 Движение тела под действием нескольких сил

### Задача 2

К потолку вагона железнодорожного поезда на лёгкой нити подвешен маленький шарик массой  $m$ . Вагон движется по горизонтальному прямолинейному участку пути, разгоняясь с постоянным ускорением. В результате нить, удерживающая шарик, отклонена во время разгона от вертикали на угол  $\alpha$ . Определите модуль ускорения вагона и силу, с которой нить действует на шарик.

Определите модуль ускорения вагона и силу, с которой нить действует на шарик.



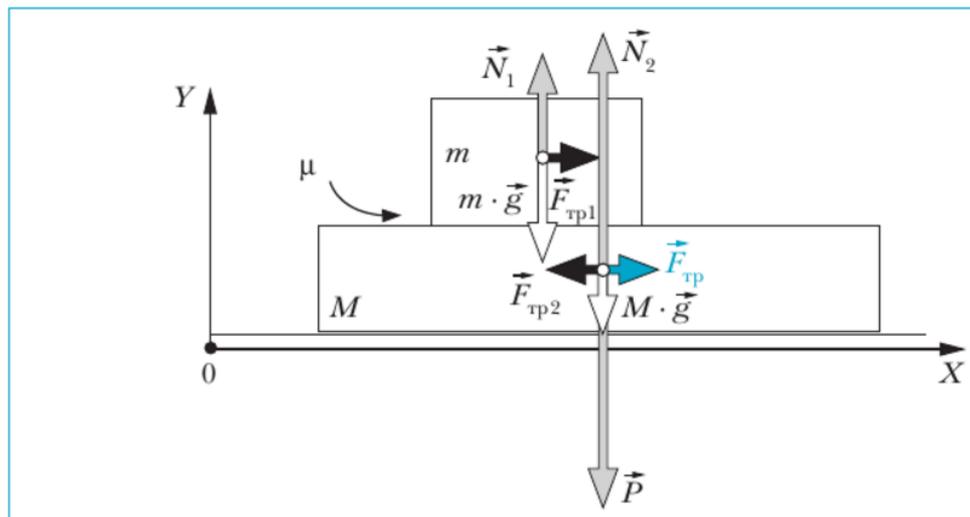
## Пример из ЕГЭ

На горизонтальном столе лежит деревянный брусок. Коэффициент трения между поверхностью стола и бруском  $\mu = 0,1$ . Если приложить к бруску силу, направленную вверх под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту, то брусок будет двигаться по столу равномерно прямолинейно. С каким ускорением будет двигаться этот брусок по столу, если приложить к нему такую же по модулю силу, направленную вверх под углом  $\beta = 30^\circ$  к горизонту? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на брусок.

## §22 Движение взаимодействующих тел

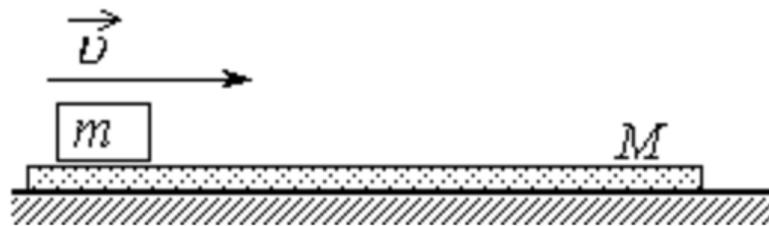
### Задача 1

На льду озера лежит доска массой  $M$ . На доске стоит человек массой  $m$  (рис. 122). Коэффициент трения между доской и льдом равен  $\mu$ . Определите минимальное по модулю относительно поверхности льда ускорение, с которым должен начать двигаться по доске человек, чтобы доска начала скользить по льду.



## Пример из ЕГЭ

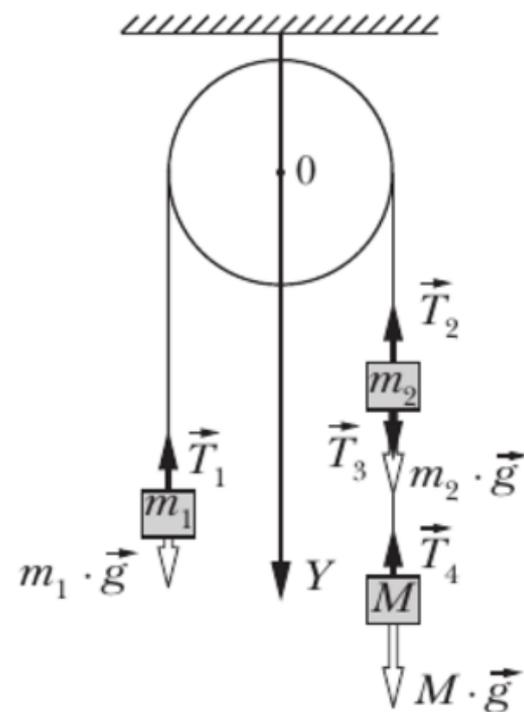
На гладкой горизонтальной плоскости находится длинная доска массой  $M = 2$  кг. По доске скользит шайба массой  $m = 0,5$  кг. Коэффициент трения между шайбой и доской  $\mu = 0,2$ . В начальный момент времени скорость шайбы  $v_0 = 2$  м/с, а доска покоится. Сколько времени потребуется для того, чтобы шайба перестала скользить по доске?



## §22 Движение взаимодействующих тел

### Задача 2

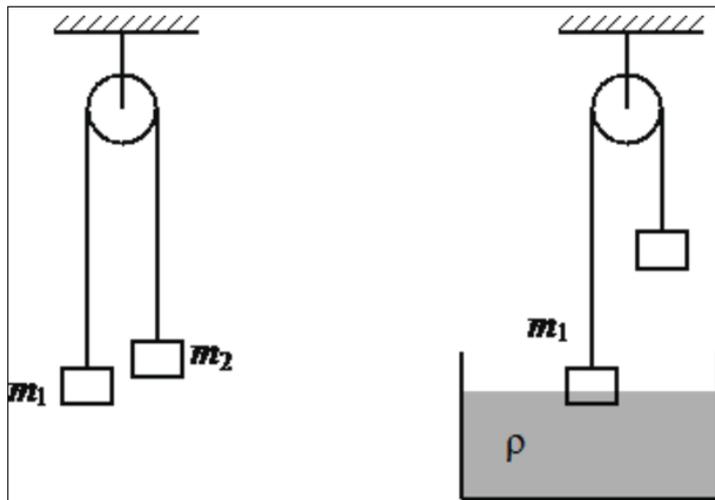
Через неподвижный относительно Земли блок перекинута гладкая лёгкая нерастяжимая нить, к концам которой прикрепляют грузы массами  $m_1$  и  $m_2$  (рис. 124). К грузу массой  $m_2$  снизу прикрепляют также лёгкую нерастяжимую нить, на другом конце которой висит груз массой  $M$ . Грузы одновременно отпускают. Определите ускорение груза массой  $m_1$  и модуль силы натяжения нити, действующей на груз  $M$ .



# Пример из ЕГЭ

Два тела подвешены за нерастяжимую и невесомую нить к идеальному блоку, как показано на рисунке. При этом первое тело массой  $m_1 = 500$  г движется из состояния покоя вниз с ускорением

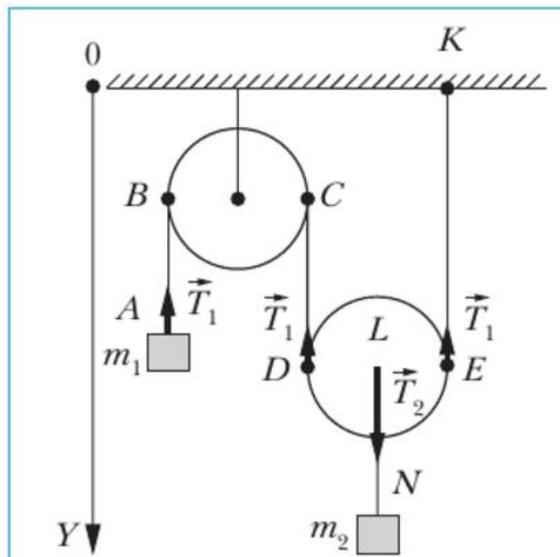
$a$ . Если первое тело опустить в воду с плотностью  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, находящуюся в большом объёме, система будет находиться в равновесии. При этом объём погруженной в воду части тела равен  $V = 1,5 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup>. Сделайте рисунки с указанием сил, действующих на тела в обоих случаях. Определите ускорение  $a$  первого тела.



## §22 Движение взаимодействующих тел

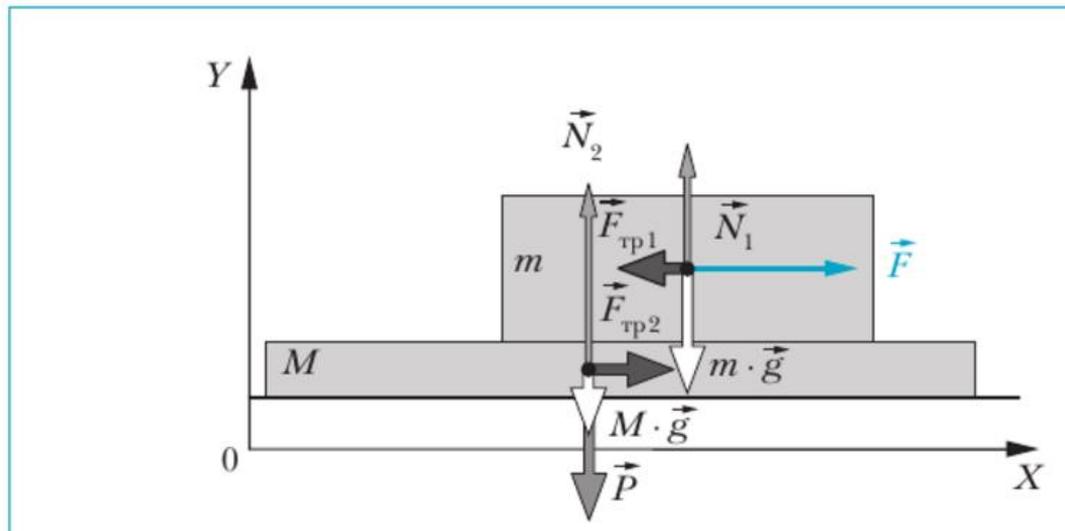
### Задача 3

На рис. 125 показана система, состоящая из неподвижного и подвижного лёгких блоков. Массы грузов равны  $m_1$  и  $m_2$ . Прикреплённые к грузам нити можно считать нерастяжимыми, лёгкими и гладкими. Определите ускорения грузов.



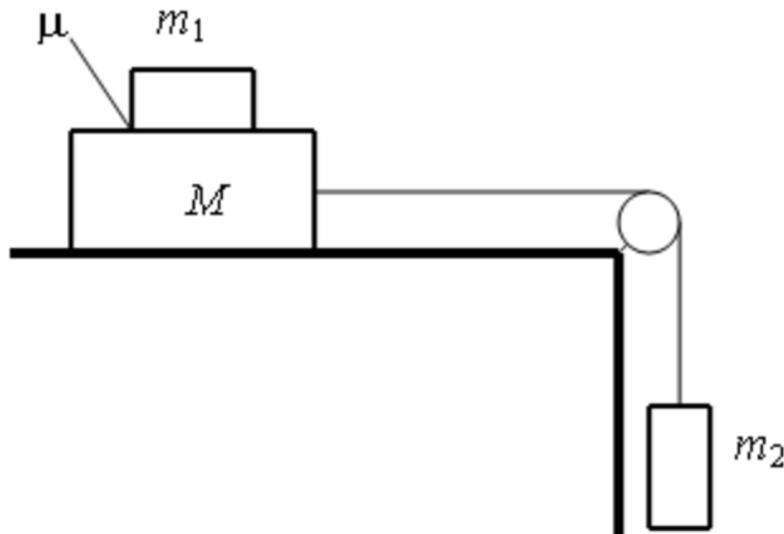
## §23 Решение задач, требующих анализа возможных вариантов движения и взаимодействия тел

Доска массой  $M$  лежит на гладкой горизонтальной поверхности, неподвижной относительно Земли. На доске лежит брусок массой  $m$  (рис. 128). Коэффициент трения между бруском и доской равен  $\mu$ . Брусок начинают тянуть в горизонтальном направлении с силой  $\vec{F}$ . Определите ускорение, с которым начнёт двигаться доска относительно поверхности.



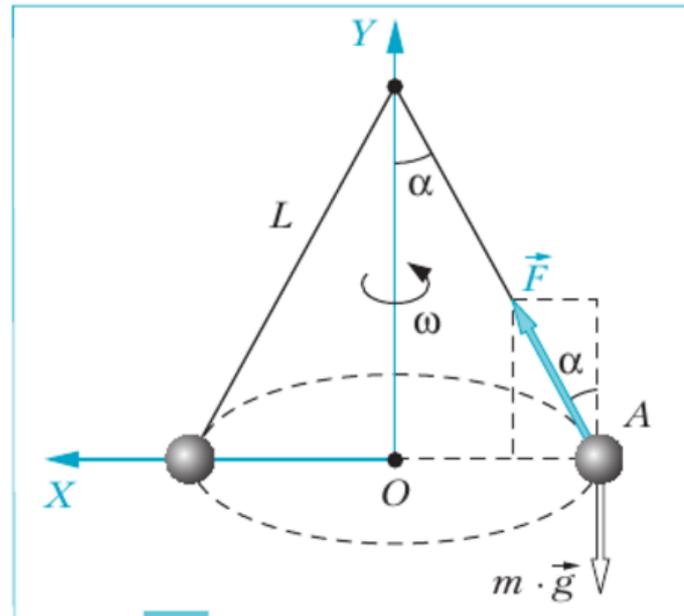
## Пример из ЕГЭ

Система грузов  $M$ ,  $m_1$  и  $m_2$ , показанная на рисунке, движется из состояния покоя. Поверхность стола – горизонтальная гладкая. Коэффициент трения между грузами  $M$  и  $m_1$  равен  $\mu = 0,2$ . Грузы  $M$  и  $m_2$  связаны легкой нерастяжимой нитью, которая скользит по блоку без трения. Пусть  $M = 1,2$  кг,  $m_1 = m_2 = m$ . При каких значениях  $m$  грузы  $M$  и  $m_1$  движутся как одно целое?



## §24 Динамика равномерного движения материальной точки по окружности

Маленький шарик массой  $m$  подвешен к потолку на лёгкой нерастяжимой нити длиной  $L$ . Шарик равномерно движется по окружности вокруг вертикальной оси, проходящей через точку подвеса, как показано на рис. 132. Определите угловую скорость движения шарика, если нить всё время составляет с вертикалью угол  $\alpha$ .

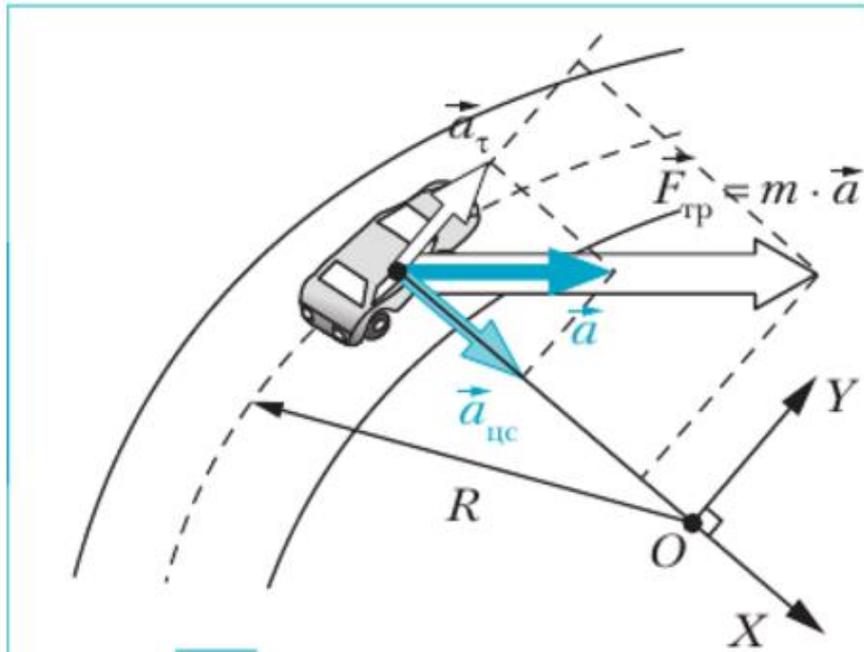


## Пример из ЕГЭ

Полый конус с углом при вершине  $2\alpha$  вращается с угловой скоростью  $\omega$  вокруг вертикальной оси, совпадающей с его осью симметрии. Вершина конуса обращена вверх. На внешней поверхности конуса находится небольшая шайба, коэффициент трения которой о поверхность конуса равен  $\mu$ . При каком максимальном расстоянии  $L$  от вершины шайба будет неподвижна относительно конуса? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на шайбу.

## §25 Динамика равноускоренного движения материальной точки по окружности

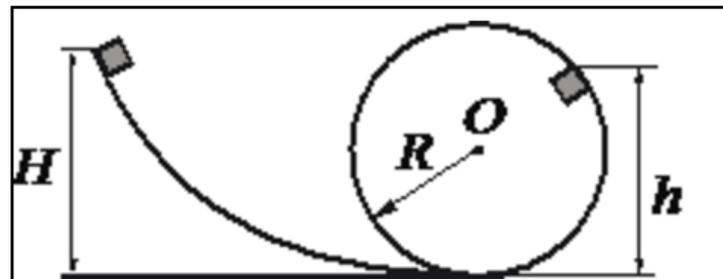
Гоночный автомобиль со всеми ведущими колёсами начинает движение по трассе, которая представляет собой дугу окружности радиусом  $R$  (рис. 135). Модуль скорости автомобиля равномерно нарастает с течением времени так, что модуль его тангенциального ускорения равен  $a_\tau$ . Коэффициент трения между колёсами автомобиля и дорогой равен  $\mu$ . Определите, через какой промежуток времени  $t$  после старта автомобиль, двигаясь равноускоренно, соскользнёт с трассы.



Определите, через какой промежуток времени  $t$  после старта автомобиль, двигаясь равноускоренно, соскользнёт с трассы.

## Пример из ЕГЭ

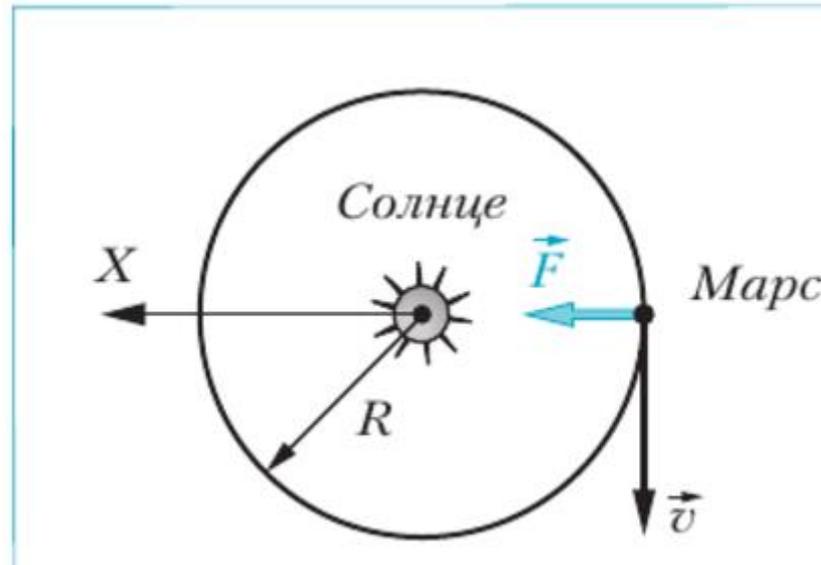
Небольшой кубик массой  $m = 1$  кг начинает скользить с нулевой начальной скоростью по гладкой горке, переходящей в «мёртвую петлю» радиусом  $R = 2$  м (см. рисунок). С какой высоты  $H$  был отпущен кубик, если на высоте  $h = 2,5$  м от нижней точки петли сила давления кубика на стенку петли  $F = 5$  Н? Сделайте рисунок с указанием сил, поясняющий решение.



## §26 Закон всемирного тяготения

### Задача 1

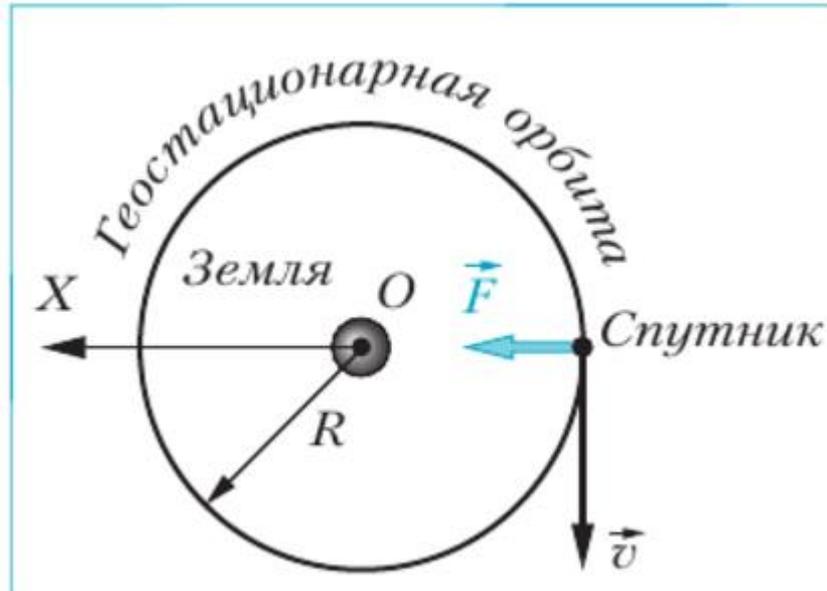
Из астрономических наблюдений известно, что период обращения Марса вокруг Солнца  $T = 1,88$  земного года, а удаление Марса от Солнца (радиус орбиты Марса)  $R = 2,25 \cdot 10^{11}$  м. Определите на основании этих данных массу Солнца.



## §26 Закон всемирного тяготения

### Задача 2

Рассчитайте радиус круговой орбиты геостационарного спутника. Оцените модуль  $v$  скорости этого спутника относительно инерциальной системы отсчёта, связанной с центром Земли и удалёнными звёздами.

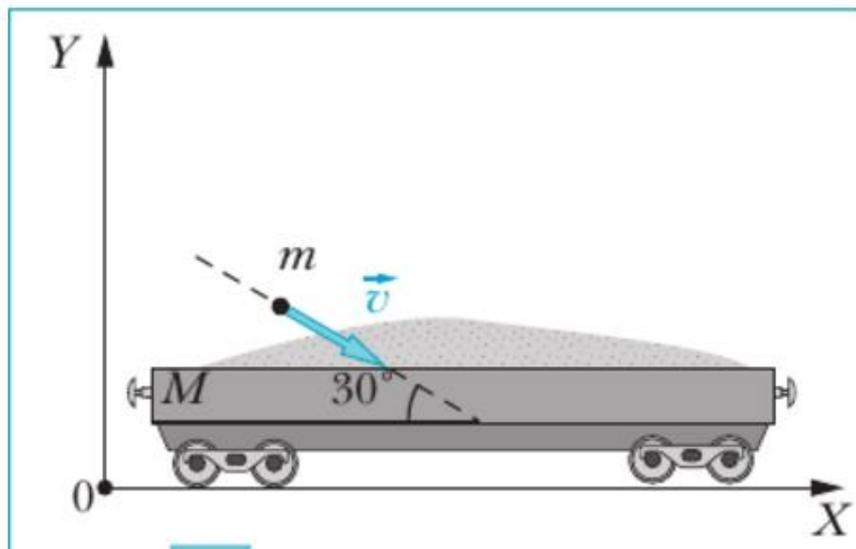


## Пример из ЕГЭ

Средняя плотность планеты Плук равна средней плотности Земли, а первая космическая скорость для Плука в 2 раза больше, чем для Земли. Чему равно отношение периода обращения спутника, движущегося вокруг Плука по низкой круговой орбите, к периоду обращения аналогичного спутника Земли? Объем шара пропорционален кубу радиуса ( $V \sim R^3$ ).

## §29 Закон сохранения импульса

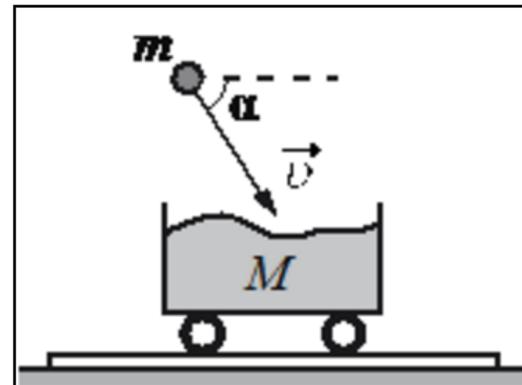
Ядро массой  $m = 10$  кг летит вниз под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонтали, попадает в стоящую на гладких горизонтальных рельсах платформу с песком и застревает в песке (рис. 147). После этого платформа скользит поступательно. Модуль скорости ядра в момент падения  $v = 400$  м/с. Масса платформы с песком  $M = 9,99$  т. Определите модуль скорости скольжения платформы с застрявшим в песке ядром.



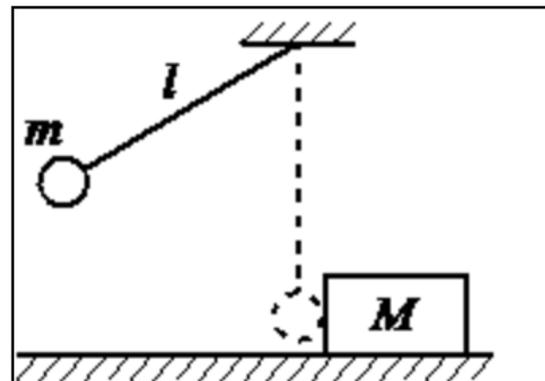
Модуль скорости ядра в момент падения  $v = 400$  м/с. Масса платформы с песком  $M = 9,99$  т. Определите модуль скорости скольжения платформы с застрявшим в песке ядром.

## Пример из ЕГЭ

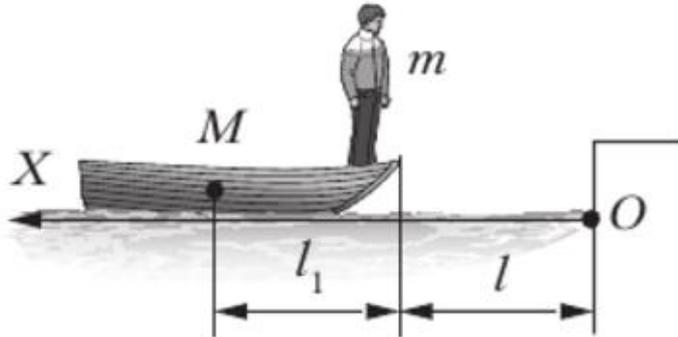
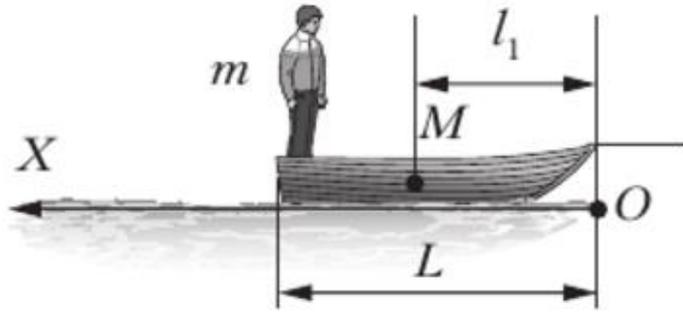
Камень массой  $6\text{ кг}$  падает со скоростью  $8\text{ м/с}$  в тележку с песком общей массой  $18\text{ кг}$ , покоящуюся на гладких горизонтальных рельсах (см. рисунок). Вектор скорости камня непосредственно перед падением составляет  $60^\circ$  с горизонтом. Определите кинетическую энергию тележки с камнем после падения в неё камня.



Маленький шарик массой  $m = 0,3\text{ кг}$  подвешен на лёгкой нерастяжимой нити длиной  $l = 0,9\text{ м}$ , которая разрывается при силе натяжения  $T_0 = 6\text{ Н}$ . Шарик отведён от положения равновесия (оно показано на рисунке пунктиром) и отпущен. Когда шарик проходит положение равновесия, нить обрывается, и шарик тут же абсолютно неупруго сталкивается с бруском массой  $M = 1,5\text{ кг}$ , лежащим неподвижно на гладкой горизонтальной поверхности стола. Какова скорость  $u$  бруска после удара? Считать, что брусок после удара движется поступательно.



## §30 Центр масс



Человек массой  $m$  стоит на корме лодки массой  $M$  и длиной  $L$ , которая причалила к пристани (точка  $O$ ). Расстояние от носа лодки до её центра масс по горизонтали равно  $l_1$ . Человек переходит на нос лодки. Определите расстояние  $l$ , на которое сместится лодка (рис. 151).

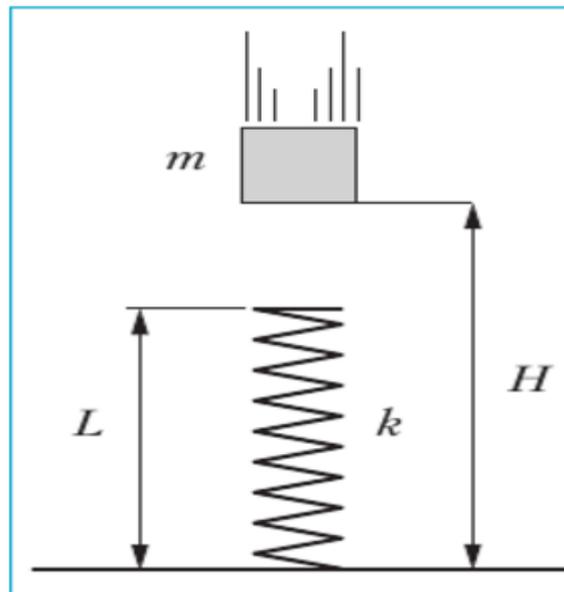
## §32 Кинетическая энергия

### Задача

Пусть с высоты  $h$  над поверхностью Земли вертикально вниз с начальной скоростью  $\vec{v}_0$  бросают камень. Определите скорость  $\vec{v}_n$  его падения на Землю.

## §34 Механическая энергия системы тел

Лёгкая пружина длиной  $L$  жёсткостью  $k$  стоит на горизонтальной площадке вертикально. С высоты  $H$  на неё падает маленький брусок массой  $m$  (рис. 161). Определите модуль максимальной скорости бруска при его движении вниз.



## §35 Решение задач с использованием законов сохранения импульса и механической энергии

### Задача 1

На гладкой горизонтальной поверхности лежат два связанных нитью бруска (рис. 162). Масса первого бруска равна  $M$ , а второго —  $2M$ . Между брусками

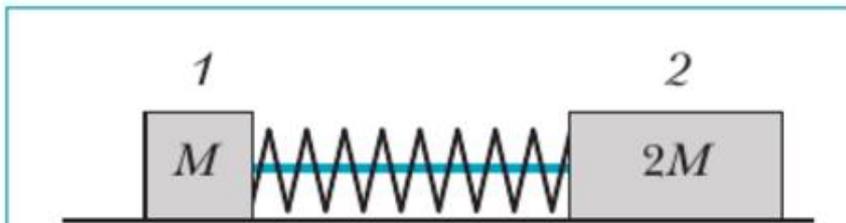


Рис. 162

вставлена лёгкая пружина жёсткостью  $k$ . Пружина сжата на величину  $\Delta l$ . После того как нить пережигают, бруски под действием пружины разъезжаются в противоположные стороны. Определите скорости движения брусков, если известно, что они движутся поступательно.

## §35 Решение задач с использованием законов сохранения импульса и механической энергии

### Задача 2

Пусть два однородных шара с массами  $m_1$  и  $m_2$  движутся поступательно навстречу друг другу вдоль линии, соединяющей их центры. Модули их скоростей равны  $v_1$  и  $v_2$  (рис. 163). Если начальные скорости шаров направлены вдоль линии, соединяющей их центры, то удар таких шаров называют *центральной*. Определите скорости шаров после удара, считая его центральной и абсолютно упругим.

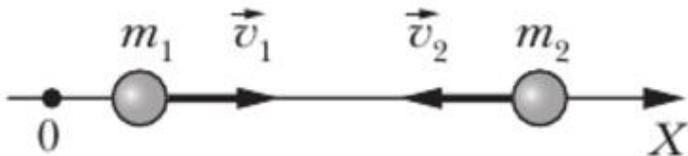


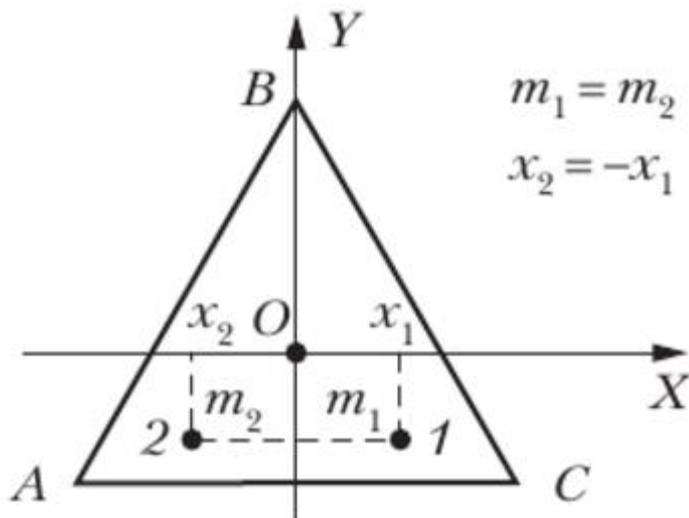
Рис. 163

ростей равны  $v_1$  и  $v_2$  (рис. 163). Если начальные скорости шаров направлены вдоль линии, соединяющей их центры, то удар таких шаров называют *центральной*. Определите скорости шаров после удара, считая его центральной и абсолютно упругим.

## §37 Применение условий равновесия

### Задача 1

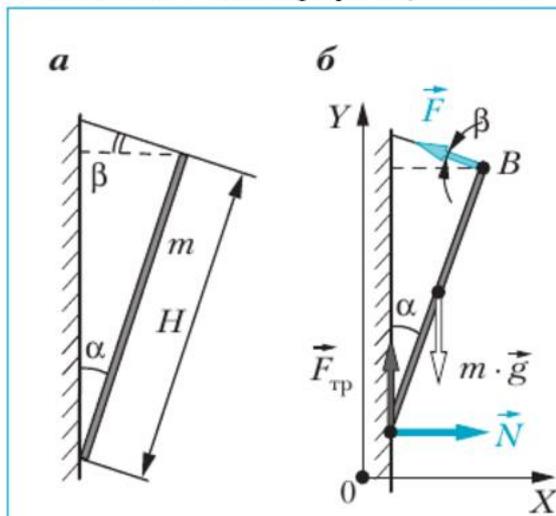
Пусть из тонкого однородного медного листа вырезан равносторонний треугольник  $ABC$  (рис. 173). Определите положение центра масс этого треугольника.



## §37 Применение условий равновесия

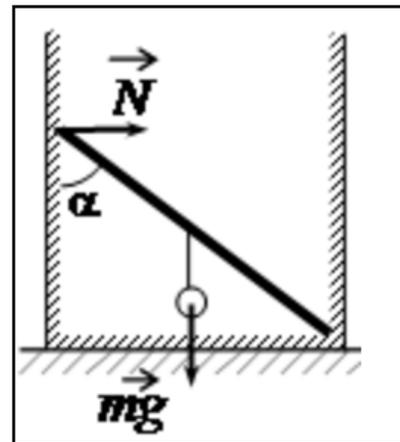
### Задача 2

Прямоугольная картина массой  $m$  висит на стене так, как показано на рис. 175, *a*. Прикреплённая к картине верёвка расположена в одной вертикальной плоскости с центром масс картины и образует с горизонтом угол  $\beta$ . Картина образует с вертикалью угол  $\alpha$ . Высота картины равна  $H$ . Определите минимальное значение коэффициента трения между стеной и картиной.



## Пример из ЕГЭ

Невесомый стержень, находящийся в ящике с гладкими дном и стенками, составляет угол  $45^\circ$  с вертикалью (см. рисунок). К середине стержня подвешен на нити шарик массой  $1\text{ кг}$ . Каков модуль силы упругости  $\vec{N}$ , действующей на стержень со стороны левой стенки ящика?

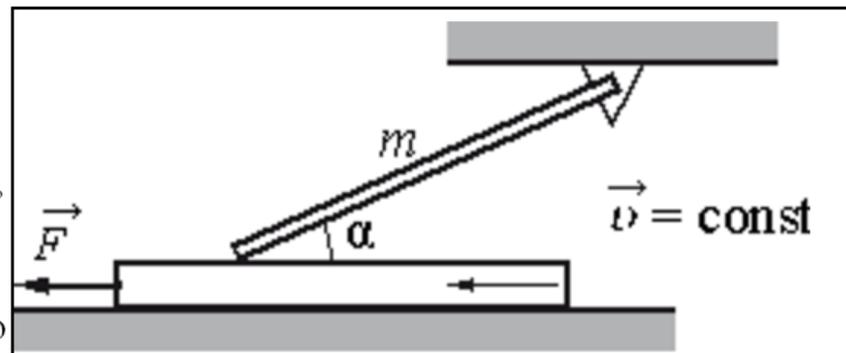


## Пример из ЕГЭ

Однородный тонкий стержень массой  $m = 1$  кг одним концом шарнирно прикреплён к потолку, а другим концом опирается на массивную горизонтальную доску, образуя с ней угол  $\alpha = 30^\circ$ . Под действием

горизонтальной силы  $\vec{F}$  доска движется поступательно

влево с постоянной скоростью (см. рисунок). Стержень при этом неподвижен. Найдите  $F$ , если коэффициент трения стержня по доске  $\mu = 0,2$ . Трением доски по опоре и трением в шарнире пренебречь.



## §43 Основы МКТ

### Задача

Сравните число молекул воды в банке объёмом 3 л с числом молекул воздуха в классе объёмом  $V = 50 \text{ м}^3$ . Считайте, что плотность воздуха в классе  $\rho_{\text{в}} = 1,2 \text{ кг/м}^3$ .

## §46 Теплоёмкость тела

### Задача 1

В стеклянный стакан массой  $M = 200$  г, начальная температура которого  $t_1 = 20$  °С, налили горячую воду массой  $m = 100$  г. Пренебрегая теплообменом с окружающей средой, определите температуру системы тел «стакан – вода» после установления теплового равновесия, если начальная температура воды  $t_2 = 80$  °С. Удельную теплоёмкость воды считайте равной  $c_v = 4,2$  Дж/(г · К), а стекла –  $c_c = 0,84$  Дж/(г · К).

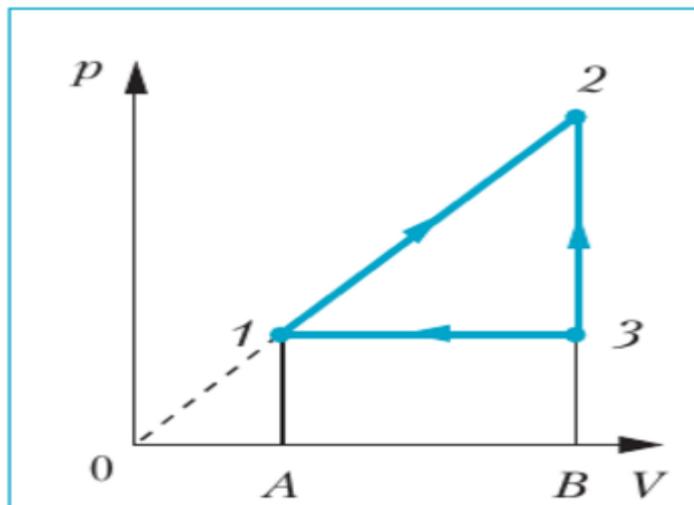
### Задача 2

В теплоизолированном сосуде находилось  $\nu_1 = 10$  моль гелия с температурой  $t_1 = 20$  °С. Какое количество  $\nu_2$  азота с температурой  $t_2 = 80$  °С надо добавить в сосуд, чтобы температура смеси после установления теплового равновесия стала равной  $t = 40$  °С. Теплоёмкость сосуда считайте равной нулю. Молярная теплоёмкость гелия  $c_{M_{г}} = 12,5$  Дж/(моль · К), а молярная теплоёмкость азота  $c_{M_{а}} = 21$  Дж/(моль · К).

## §56 Тепловые машины

### Задача 1

На  $pV$ -диаграмме, изображённой на рис. 232, показано изменение состояния одного моля идеального одноатомного газа, используемого в качестве рабочего вещества теплового двигателя. Отношение максимальной абсолютной температуры газа к его минимальной температуре в данном цикле  $n = 4$ . Определите максимально возможный КПД теплового двигателя, который работает по этому циклу.



## §56 Тепловые машины

### Задача 2

Какую минимальную мощность должен потреблять мотор холодильника, работающего по циклу Карно, если в морозильной камере поддерживается температура  $t_1 = -23 \text{ }^\circ\text{C}$ , а через стенки в неё поступает количество теплоты  $q = 0,1 \text{ МДж}$  за время  $\tau = 1 \text{ ч}$ ? Температура радиатора холодильника равна  $t_2 = 57 \text{ }^\circ\text{C}$ , а КПД мотора  $\eta_{\text{м}} = 0,8$ .

## §62 Решение задач о парах

### Задача 1

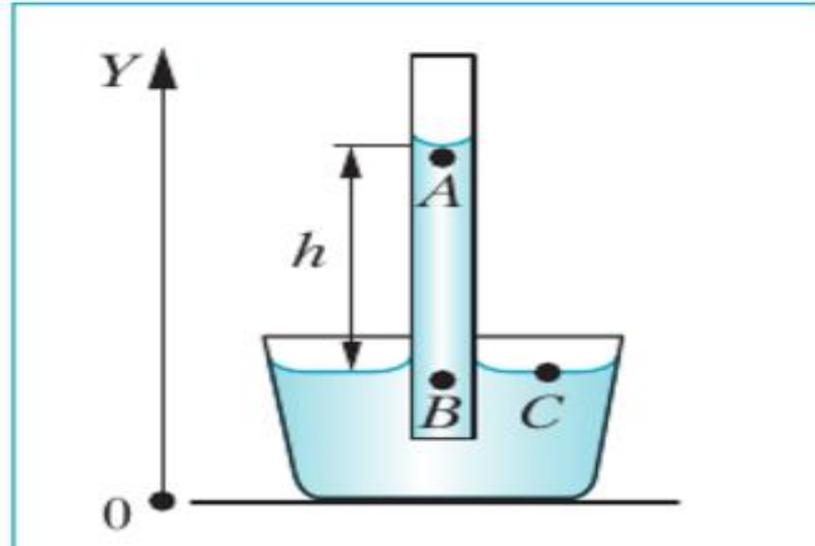
В сосуде под поршнем находятся насыщенный пар и вода. Начальный объём всей системы  $V_0 = 1 \text{ м}^3$ . Плотность насыщенного пара  $\rho_n = 30 \text{ г/м}^3$ . Масса воды  $m_v = 75 \text{ г}$ . Поршень медленно поднимают, изотермически увеличивая объём системы «пар – жидкость» в  $k$  раз. Определите конечную плотность пара.

**Задача 2.** В утренние часы над лугом образовался туман и выпала роса при температуре воздуха  $t_1 = 10 \text{ °С}$ , а днём в безветренную погоду воздух прогрелся до температуры  $t_2 = 25 \text{ °С}$ , при этом его абсолютная влажность увеличилась за счёт испарения воды с луга на  $\Delta\rho = 5 \text{ г/м}^3$ . Определите относительную влажность воздуха днём. Давления насыщенных паров воды при утренней и дневной температурах равны соответственно  $p_{n1} = 9 \text{ мм рт. ст.}$  и  $p_{n2} = 24 \text{ мм рт. ст.}$

## §65 Поверхностное натяжение

### Задача 1

Открытый тонкий капилляр вертикально опускают в чашку с идеально смачивающей его жидкостью. Плотность жидкости равна  $\rho$ . Внутренний радиус капилляра равен  $r$ . Жидкость поднимается в капилляре на высоту  $h$  (рис. 254). Определите коэффициент  $\sigma$  поверхностного натяжения жидкости.





## §65 Поверхностное натяжение

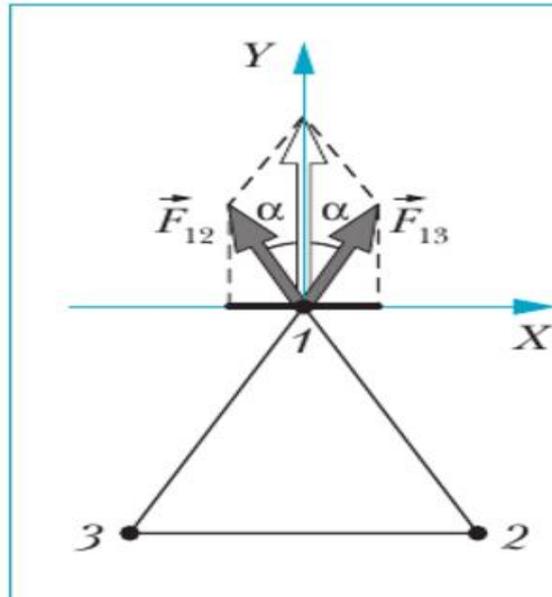
### Задача 2

Отверстия в решетке имеют радиус  $r = 0,5$  мм, коэффициент поверхностного натяжения воды  $\sigma = 0,07$  Н/м, а её плотность  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>. Определите максимально допустимую высоту  $h$  уровня, до которого можно налить воду в такое решето, чтобы она не выливалась сквозь его отверстия.

## §68 Сложение электрических сил

### Задача 1

В вершинах правильного треугольника с длиной стороны  $a = 10$  см расположены одинаковые точечные заряды  $q = 0,4$  мкКл. Определите электростатическую силу, действующую на заряд  $1$  со стороны двух других зарядов.



## §68 Сложение электрических сил

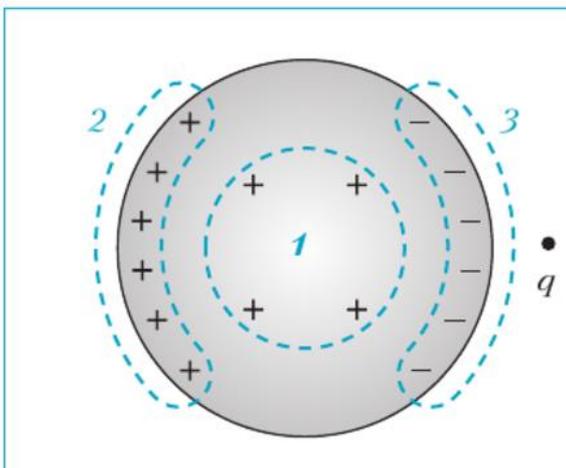
### Задача 2

В ИСО три точечных заряда  $q_1 = 4$  мкКл,  $q_2 = -6$  мкКл и  $q_3 = 9$  мкКл лежат на одной прямой. Заряд  $q_2$  расположен между зарядами  $q_1$  и  $q_3$ . Заряды  $q_1$  и  $q_3$  удерживают так, что расстояние между ними  $r_{31} = 10$  см. Определите расстояние  $x$  от заряда  $q_1$  до заряда  $q_2$ , если заряд  $q_2$  находится в равновесии. Является ли это равновесие устойчивым?

## §68 Сложение электрических сил

### Задача 3

Точечный заряд  $q$  и шарик радиусом  $r$  находятся в вакууме на большом удалении от всех других тел. Расстояние от центра шарика, имеющего заряд  $Q$ , до заряда  $q$  равно  $R$ . При  $R \gg r$  заряд  $Q$  приблизительно можно считать распределённым равномерно по объёму шарика. Рассмотрите качественно, как будет изменяться сила Кулона, действующая на заряд  $q$ , по мере уменьшения расстояния  $R$ , если заряды  $q$  и  $Q$ : а) разноимённые; б) одноимённые, причем  $|q| \ll |Q|$ ; в) одноимённые, причем  $|q| \gg |Q|$ .





## §71 Работа сил электростатического поля

### Задача

Пусть частица массой  $m$ , имеющая заряд  $q > 0$ , перемещается в электрическом поле из точки  $1$  в точку  $2$ . В точке  $1$  модуль скорости частицы был равен  $v_1$ . Потенциалы точек  $1$  и  $2$  равны  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  соответственно, причём  $\varphi_1 > \varphi_2$ . Определите модуль скорости частицы в точке  $2$ , считая, что на частицу действуют только силы электрического поля.

## §73 Проводники в постоянном электрическом поле

### Задача 1

Заряд уединённого металлического шара радиусом  $r$  равен  $Q$ . Определите потенциал этого шара, считая потенциал бесконечно удалённой от него точки равным нулю.

### Задача 2

Потенциал уединённого заряженного металлического шарика радиусом  $r$  равен  $\varphi_1$ . Шарик окружают тонкой concentричной ему незаряженной металлической сферой радиусом  $R$ . Определите потенциал  $\varphi_2$  шарика после его соединения проводником со сферой.

## §73 Проводники в постоянном электрическом поле

### Задача 3

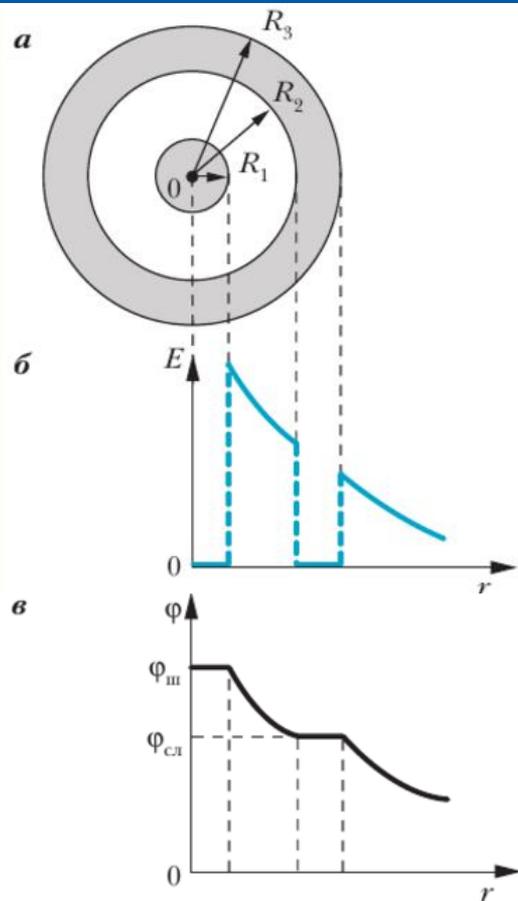
Заряд металлического шара радиусом  $R_1$  равен  $Q$ . Шар окружён концентричным ему металлическим сферическим слоем. Избыточный заряд этого слоя равен нулю. Внутренний радиус слоя равен  $R_2$ , а внешний —  $R_3$  (рис. 290, *а*). Определите зависимости модуля напряжённости и потенциала точек поля от их расстояния  $r$  до центра шара. Покажите, что графики этих зависимостей соответствуют графикам на рис. 290, *б* и *в*.



## §73 Проводники в постоянном электрическом поле

### Задача 3

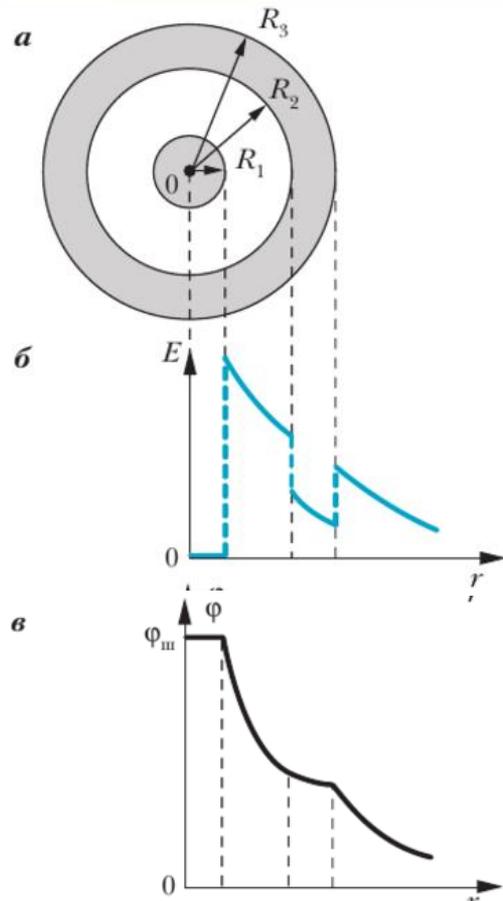
Заряд металлического шара радиусом  $R_1$  равен  $Q$ . Шар окружён концентричным ему металлическим сферическим слоем. Избыточный заряд этого слоя равен нулю. Внутренний радиус слоя равен  $R_2$ , а внешний —  $R_3$  (рис. 290, *a*). Определите зависимости модуля напряжённости и потенциала точек поля от их расстояния  $r$  до центра шара. Покажите, что графики этих зависимостей соответствуют графикам на рис. 290, *б* и *в*.



# §74 Диэлектрики в постоянном электрическом поле

## Задача

Металлический шар радиусом  $R_1$  окружён concentричным ему незаряженным диэлектрическим сферическим слоем с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ . Внутренний радиус слоя равен  $R_2$ , а внешний —  $R_3$  (рис. 294, *a*). Будем считать, что в остальной части пространства — вакуум. Заряд шара равен  $Q$ . Определите зависимости модуля напряжённости и потенциала точек поля от их расстояния  $r$  до центра шара.





корпорация

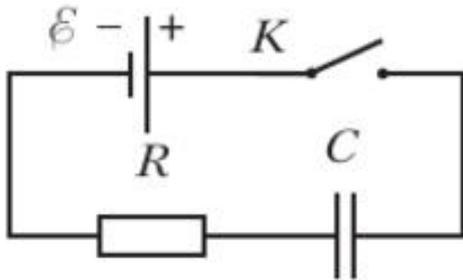
российский  
учебник

11 класс

## §16 Перезарядка конденсатора

### Задача 1

Конденсатор ёмкостью  $C$ , имеющий заряд  $q_0$ , подключают к источнику постоянного тока (с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$ ) через сопротивление  $R = 2r$  так, как показано на рис. 62. Определите количество теплоты, которое выделится на сопротивлении  $R$  за время перезарядки конденсатора.

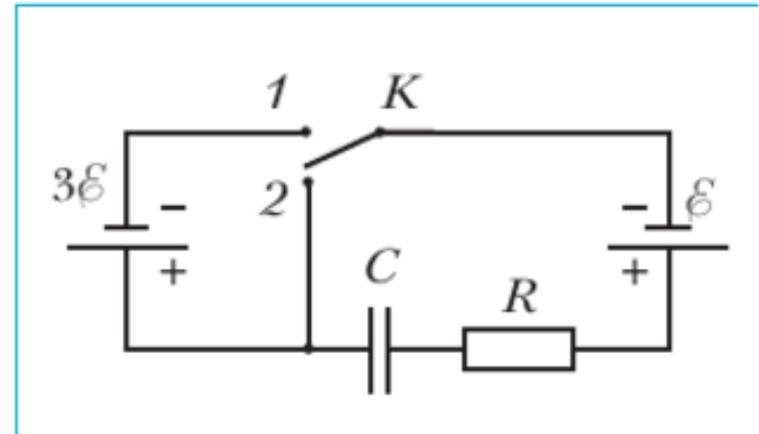




## §16 Перезарядка конденсатора

### Задача 2

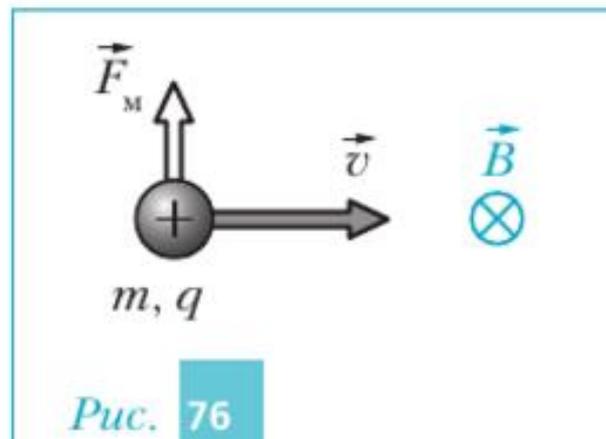
Определите количество теплоты, которое выделится на резисторе  $R$  после переключения ключа  $K$  из положения  $1$  в положение  $2$  в схеме, показанной на рис. 63. Потерями энергии на излучение пренебречь.



## §20 Движение заряженных частиц в магнитном поле

### Задача 1

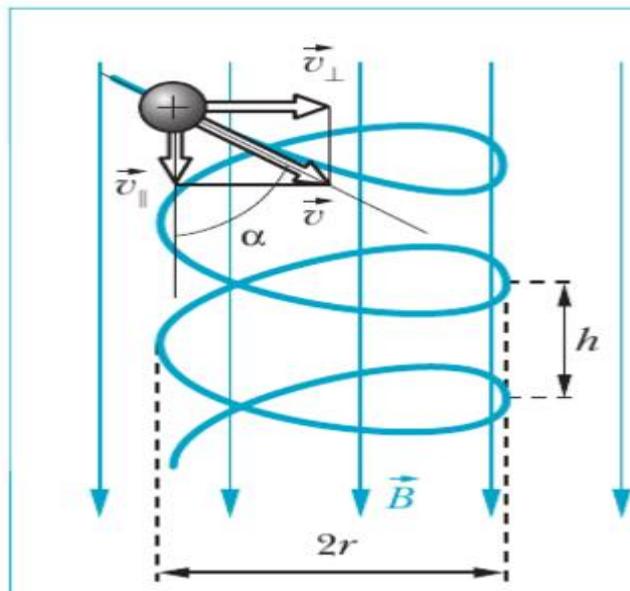
Частица массой  $m$  и зарядом  $q$  влетает со скоростью  $\vec{v}$  в однородное магнитное поле. Вектор  $\vec{B}$  магнитной индукции поля направлен перпендикулярно начальной скорости частицы. Пренебрегая действием на эту частицу всех сил, кроме сил со стороны магнитного поля, определите вид траектории этой частицы.



## §20 Движение заряженных частиц в магнитном поле

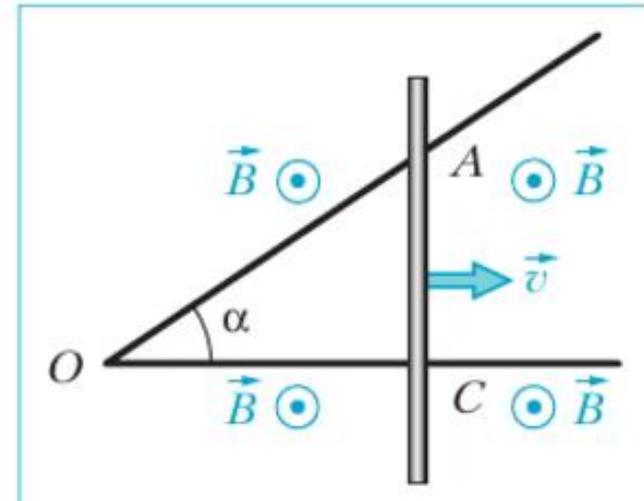
### Задача 2

Частица массой  $m$ , имеющая положительный заряд  $q$ , влетает в однородное магнитное поле со скоростью  $\vec{v}$ , направленной под углом  $\alpha$  к вектору  $\vec{B}$  индукции этого поля. Определите вид траектории частицы при  $\alpha < 90^\circ$ .



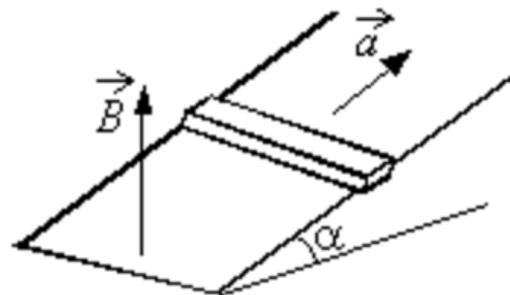
## §26 ЭДС индукции в движущемся проводнике

Тонкий проводник с малым сопротивлением согнут под углом  $\alpha$  и помещён в однородное магнитное поле с индукцией  $\vec{B}$ . Плоскость, в которой расположен проводник, перпендикулярна магнитным линиям. По проводнику с постоянной скоростью  $\vec{v}$  скользит тонкий проводящий стержень так, что  $\angle OCA = 90^\circ$  (рис. 105). Сопротивление единицы длины стержня равно  $\rho$ . Определите силу индукционного тока в цепи в тот момент, когда расстояние  $OC$  равно  $L$ . Магнитным полем индукционного тока пренебречь.



## Пример из ЕГЭ

Горизонтальный проводящий стержень прямоугольного сечения поступательно движется с ускорением вверх по гладкой наклонной плоскости в вертикальном однородном магнитном поле (см. рисунок). По стержню протекает ток  $I$ . Угол наклона плоскости  $\alpha = 30^\circ$ . Отношение массы стержня к его длине  $\frac{m}{L} = 0,1$  кг/м. Модуль индукции магнитного поля  $B = 0,2$  Тл. Ускорение стержня  $a = 1,9$  м/с<sup>2</sup>. Чему равна сила тока в стержне?



## §27 Закон электромагнитной индукции

Плоская прямоугольная рамка из тонкого провода расположена в однородном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$ . В начальный момент времени плоскость рамки перпендикулярна магнитным линиям. Площадь поверхности, ограниченной рамкой, равна  $S$ . Общее сопротивление провода рамки равно  $R$ . Рамку медленно поворачивают вокруг одной из её сторон на  $180^\circ$ . Определите заряд  $q$ , который протечёт через поперечное сечение провода рамки в результате её поворота.



## §28 Вихревое электрическое поле

### Задача

Заряд  $Q$  равномерно распределён по тонкому диэлектрическому кольцу массой  $M$ , лежащему на гладкой горизонтальной плоскости. Кольцо находится в однородном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$ , магнитные линии направлены вертикально. Определите угловую скорость, которую приобретёт кольцо после выключения магнитного поля.

## §32 Кинематика колебательного движения

### Задача 1

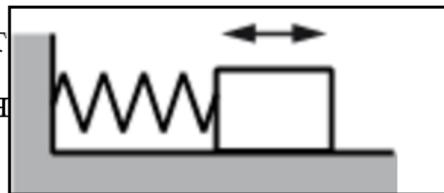
Пусть точка совершает гармонические колебания вдоль оси  $X$  с амплитудой  $x_m$  и периодом  $T$ . Определите амплитуды колебаний проекций скорости и ускорения на ось  $X$ .

### Задача 2

Точка совершает гармонические колебания вдоль оси  $X$  около начала отсчёта. Известно, что закон изменения проекции скорости точки на ось  $X$  имеет вид  $v_x(t) = v_m \cdot \sin(\omega \cdot t)$ . Определите закон движения этой точки и зависимость проекции её ускорения от времени.

## Пример из ЕГЭ

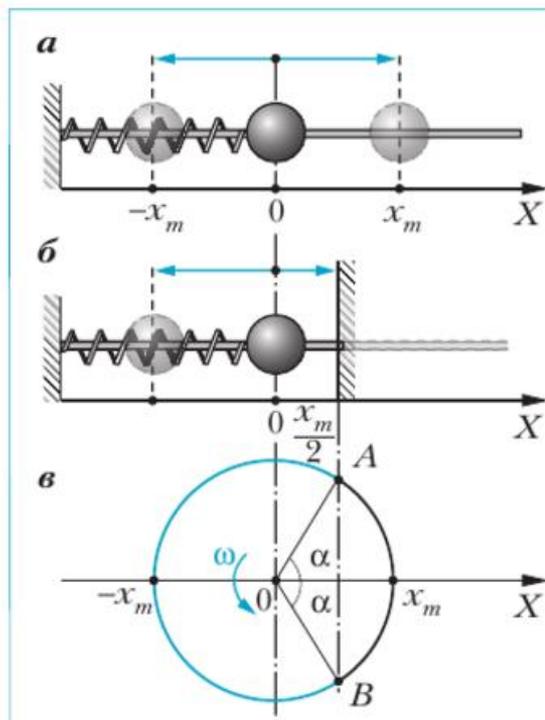
Груз, прикрепленный к пружине жесткости  $200 \text{ Н/м}$ , совершает гармонические колебания (см. рисунок). Максимальная кинетическая энергия груза при этом равна  $1 \text{ Дж}$ . Какова амплитуда колебаний груза?



## §32 Кинематика колебательного движения

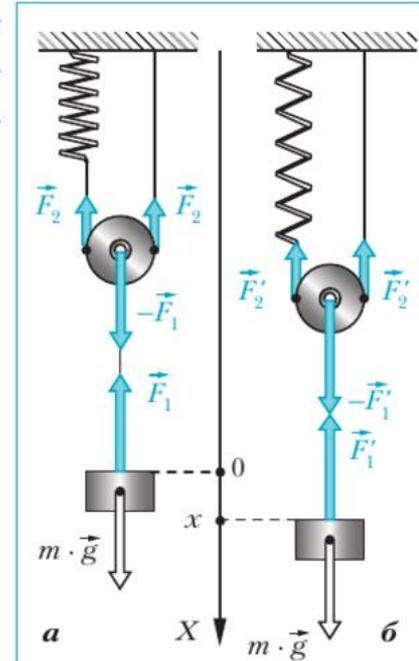
### Задача 3

Колебательная система состоит из насаженного на гладкий горизонтальный стержень шарика и лёгкой пружины, которая одним концом прикреплена к шарiku. Другой конец пружины закреплён. Шарик совершает гармонические колебания с периодом  $T$  и амплитудой  $x_m$  (рис. 123, *a*). Определите, каким станет период колебаний этого шарика, если на расстоянии  $0,5x_m$  от положения его равновесия установить жёсткую стенку так, как показано на рис. 123, *б*. Удар шарика о стенку считайте абсолютно упругим.



## §33 Динамика колебательного движения

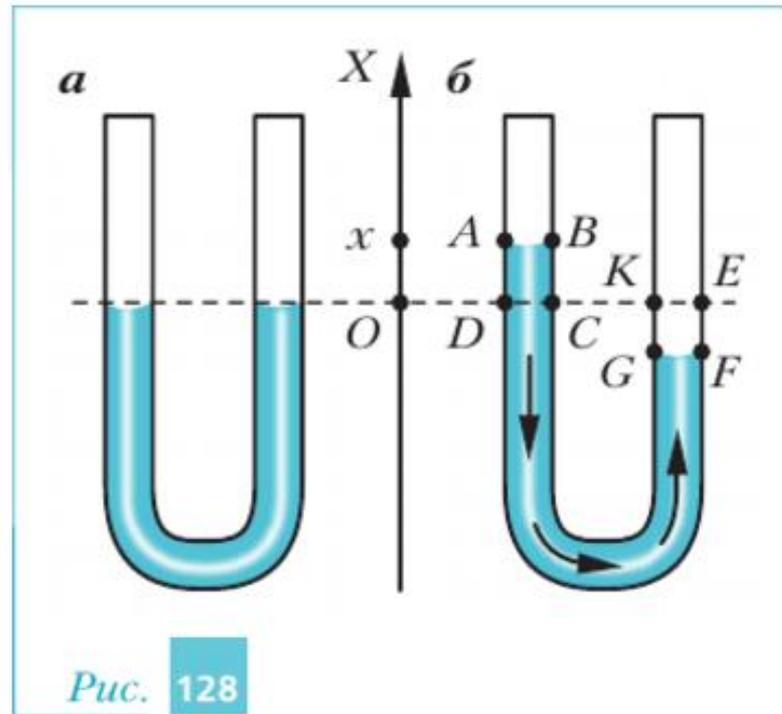
К оси невесомого блока подвешен груз массой  $m$ . Через блок перекинута нить, один конец которой прикреплен непосредственно к потолку, а другой — к легкой пружине жесткостью  $k$  (рис. 125, *a*). Груз немного оттягивают вниз и отпускают, после чего он начинает гармонически колебаться. Определите период  $T$  этих колебаний.



## §34 Преобразования энергии при механических колебаниях

### Задача

В вертикально расположенной закреплённой U-образной трубке с площадью поперечного сечения  $S$  налита жидкость массой  $M$  и плотностью  $\rho$  (рис. 128, *a*). Пренебрегая трением, определите период малых колебаний этой жидкости после вывода её из положения равновесия.





корпорация

российский  
учебник

Методическая служба по физике :

Опаловский Владимир Александрович

Пешкова Анна Вячеславовна

[Opalovskiy.VA@rosuchebnik.ru](mailto:Opalovskiy.VA@rosuchebnik.ru)

[Peshkova.AV@rosuchebnik.ru](mailto:Peshkova.AV@rosuchebnik.ru)