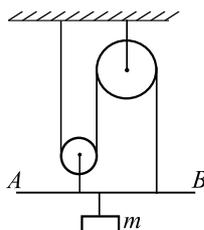


Выездная физико-математическая олимпиада МФТИ. Январь – февраль 2021г.

Условия. 8 класс, физика

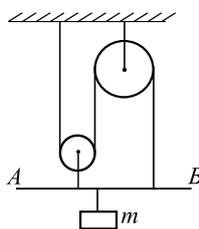
1.1. Система из невесомых блоков, невесомого горизонтального стержня АВ и груза массой m находится в равновесии (см. рис.). Радиусы блоков r и $3r$. Участки легкой нити, не соприкасающиеся с блоками, вертикальны. Трением в осях блоков пренебречь.

- 1) Найти силу натяжения нити.
- 2) На каком расстоянии x от места крепления правого конца нити подвешен груз?



1.2. Система из невесомых блоков, невесомого горизонтального стержня АВ и груза массой m находится в равновесии (см. рис.). Радиусы блоков r и $2r$. Участки легкой нити, не соприкасающиеся с блоками, вертикальны. Трением в осях блоков пренебречь.

- 1) Найти силу натяжения нити.
- 2) На каком расстоянии x от места крепления правого конца нити подвешен груз?



2.1. Три одинаковых сообщающихся сосуда – вертикальные цилиндры – заполнены водой. Уровни воды в цилиндрах одинаковы. В один из сосудов наливают сверху слой жидкости высотой $H = 5$ см. Жидкость с водой не смешивается, уровень воды в этом сосуде понижается на $h = 2$ см.

- 1) На сколько повышается уровень воды в других сосудах?
- 2) Определите плотность ρ жидкости. Плотность воды $\rho_B = 1000$ кг/м³.

2.2 Три одинаковых сообщающихся сосуда – вертикальные цилиндры – заполнены водой. Уровни воды в цилиндрах одинаковы. В один из сосудов наливают сверху слой жидкости плотностью $\rho = 750$ кг/м³. Жидкость с водой не смешивается. Уровень воды в двух других сосудах повышается на $h = 2$ см.

- 1) На сколько понизится уровень воды в том сосуде, в который налили жидкость?
- 2) Определите высоту H слоя налитой жидкости. Плотность воды $\rho_B = 1000$ кг/м³.

3.1. Два тела приводят в тепловой контакт. Температура первого 60°C , второго 20°C . В процессе установления теплового равновесия от горячего тела к холодному перетекла теплота в количестве $Q = 1200$ Дж, в системе установилась температура 30°C .

1) Какое количество теплоты q следует подвести ко второму телу, чтобы повысить его температуру на 1°C ?

2) Какое количество Q_1 теплоты следует подвести к системе двух тел для повышения температуры системы от 30°C до 60°C ?

Потери теплоты считайте пренебрежимо малыми.

3.2. Два тела приводят в тепловой контакт. Температура первого 80°C , второго 40°C . В процессе установления теплового равновесия от горячего тела к холодному перетекла теплота в количестве $Q = 2400$ Дж, в системе установилась температура 50°C .

1) Какое количество теплоты q_1 следует подвести к первому телу (или отвести от него), чтобы изменить его температуру на 1°C ?

2) Какая температура t установится в системе, если к ней подвести $Q_1 = 16$ кДж теплоты?

Потери теплоты считайте пренебрежимо малыми.

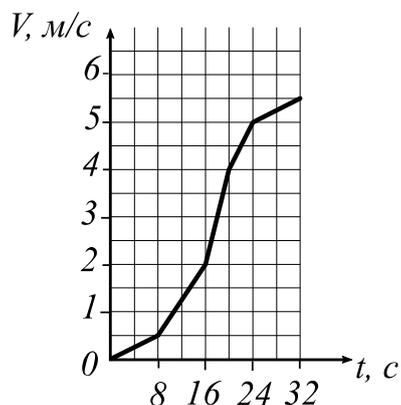
4.1. Велосипедист разгоняется со старта до максимальной скорости $V_M = 10$ м/с и далее движется равномерно. Зависимость скорости от времени в течение первых 32 секунд представлена на графике (см. рис.). На завершающем участке разгона, который начинается в момент времени $T = 24$ с, скорость равномерно увеличивается со временем на $0,5$ м/с за каждые 8 секунд. Велосипедист движется по прямой.

1) Найдите среднюю скорость $\langle V \rangle$ за время от старта до $T = 24$ с.

2) На каком расстоянии S от точки старта будет находиться велосипедист в тот момент, когда его скорость станет максимальной?

3) За какое время \tilde{T} после старта велосипедист проедет $\tilde{S} = 1000$ м?

Указание: путь, пройденный велосипедистом за время от t_1 до t_2 , равен площади под графиком зависимости $V(t)$ за этот промежуток времени.



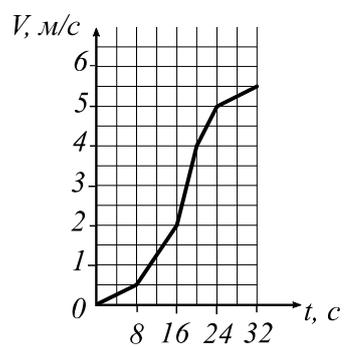
4.2. Велосипедист разгоняется со старта до максимальной скорости $V_M = 10$ м/с и далее движется равномерно. Зависимость скорости от времени в течение первых 32 секунд представлена на графике (см. рис.). На завершающем участке разгона, который начинается в момент времени $T = 24$ с, скорость равномерно увеличивается со временем на $0,5$ м/с за каждые 8 секунд. Велосипедист движется по прямой.

1) Найдите среднюю скорость $\langle V \rangle$ за время от старта до $T = 24$ с.

2) Через какое время \tilde{T} после старта скорость велосипедиста станет максимальной?

3) На каком расстоянии \tilde{S} от точки старта будет находиться велосипедист через $\tau = 150$ с после старта?

Указание: путь, пройденный велосипедистом за время от t_1 до t_2 , равен площади под графиком зависимости $V(t)$ за этот промежуток времени.



Выездная физико-математическая олимпиада МФТИ. Январь – февраль 2021г.

Условия. 9 класс. Физика

1.1. Футболист на тренировке наносит удары по мячу и сообщает мячу одинаковые по величине и направлению скорости. Наибольшая высота, на которой находится мяч в полете, $H = 20\text{ м}$.

1) Найдите продолжительность T полета мяча.

2) Если мяч направить к вертикальной стенке, то через $\tau = 1\text{ с}$ после абсолютно упругого соударения со стенкой мяч падает на поле. На какой высоте h мяч соударяется со стенкой?

Ускорение свободного падения $g = 10\text{ м/с}^2$. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Траектория мяча лежит в вертикальной плоскости перпендикулярной стенке.

1.2. Футболист на тренировке наносит удары по мячу и сообщает мячу одинаковые по величине и направлению скорости. Продолжительность полета мяча $T = 3\text{ с}$.

1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.

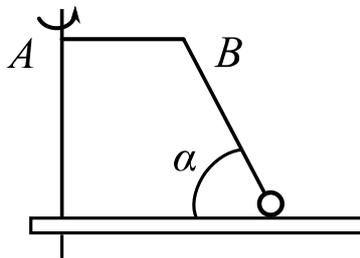
2) Если мяч направить к вертикальной стенке, то через $\tau = 2\text{ с}$ после абсолютно упругого соударения со стенкой мяч падает на поле. На какой высоте h мяч соударяется со стенкой?

Ускорение свободного падения $g = 10\text{ м/с}^2$. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Траектория мяча лежит в вертикальной плоскости перпендикулярной стенке.

2. Горизонтальная платформа вращается вокруг вертикальной оси с угловой скоростью ω (см. рис.). На платформе лежит, вращаясь вместе с платформой, маленький шарик массой m . Шарик привязан нитью к горизонтальной штанге АВ, прикрепленной к оси. Длина штанги l , длина нити $2l$, нить образует угол $\alpha = 60^\circ$ с горизонтом. Трение между платформой и шариком пренебрежимо мало.

1) Найти силу натяжения нити.

2) При каких угловых скоростях шарик не будет отрываться от платформы?

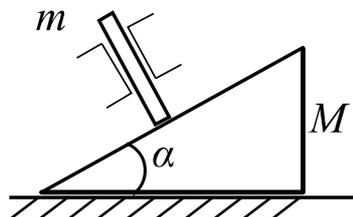


3.1. На клин массы $M = 4,5\text{ кг}$ (см. рис.) опирается стержень массы $m = 1\text{ кг}$, который, благодаря направляющему устройству, может перемещаться только в направлении перпендикулярном наклонной плоскости клина, образующей угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтом. Клин установлен на горизонтальном столе. Трения в системе нет.

1) Какую по величине F горизонтальную силу следует приложить к клину, чтобы удерживать систему в покое?

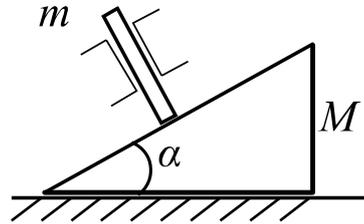
2) Силу F снимают. С каким по величине a_1 ускорением будет двигаться клин?

Ускорение свободного падения $g = 10\text{ м/с}^2$.



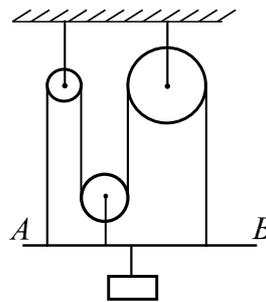
3.2. На клин массы $M = 2$ кг (см. рис.) опирается стержень массы $m = 1$ кг, который, благодаря направляющему устройству, может перемещаться только в направлении перпендикулярном наклонной плоскости клина, образующей угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтом. Клин установлен на горизонтальном столе. Трения в системе нет. Горизонтальной силой, приложенной к клину, систему удерживают в покое.

- 1) С какой по величине P силой клин действует на стол?
 - 2) Горизонтальную силу снимают. С каким по величине a ускорением будет двигаться стержень?
- Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.



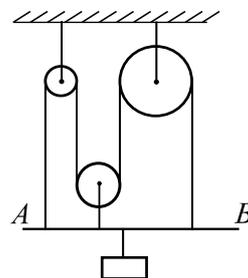
4.1. Система из невесомых блоков, невесомого горизонтального стержня АВ и груза массой m находится в равновесии (см. рис.). Радиусы блоков r , $2r$ и $3r$. Участки легкой нити, не соприкасающиеся с блоками, вертикальны. Трением в осях блоков пренебречь.

- 1) Найти силу натяжения нити.
- 2) На каком расстоянии x от места крепления правого конца нити подвешен груз?



4.2. Система из невесомых блоков, невесомого горизонтального стержня АВ и груза массой m находится в равновесии (см. рис.). Радиусы блоков r , $2r$ и $4r$. Участки легкой нити, не соприкасающиеся с блоками, вертикальны. Трением в осях блоков пренебречь.

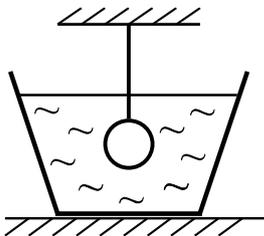
- 1) Найти силу натяжения нити.
- 2) На каком расстоянии x от места крепления правого конца нити подвешен груз?



5. На горизонтальном столе стоит сосуд массой $m = 2$ кг (см. рис.). В сосуд налита вода массой $M = 5$ кг. Подвешенный на легкой нити шар полностью погружен в воду. Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$. Плотность шара 8ρ , объем шара $V = 1 \text{ дм}^3$.

- 1) Найти силу натяжения нити.
- 2) Найти силу давления сосуда на стол.

Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.



6.1. В Вашем распоряжении четыре резистора, сопротивления которых: 2 Ом, 3 Ом, 4 Ом и 5 Ом.

- 1) Как следует соединить имеющиеся резисторы для получения эквивалентного сопротивления, численно (в омах) максимально близкого к $\pi \approx 3,14159$? Ответ подкрепите схемой соединения и расчетом.
- 2) На сколько процентов полученное Вами численное значение эквивалентного сопротивления отличается от приближенного значения $\pi \approx 3,14159$?

6.2. В Вашем распоряжении четыре одинаковых резистора сопротивлением 8 Ом каждый.

- 1) Как следует соединить имеющиеся резисторы для получения эквивалентного сопротивления, численно (в омах) максимально близкого к «золотому сечению» – числу $\Phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2} = 1,61803\dots$? Ответ подкрепите схемой соединения и расчетом.
- 2) На сколько процентов полученное Вами численное значение эквивалентного сопротивления отличается от приближенного значения $\Phi = 1,618\dots$?

Выездная физико-математическая олимпиада МФТИ. Январь – февраль 2021г.
Условия. 10 класс. Физика

1.1. Трамвай, двигаясь прямолинейно, тормозит с постоянным ускорением и останавливается. Тормозной путь $S=25$ м, время торможения $t=5$ с.

- 1) Найти начальную скорость трамвая.
- 2) Найти скорость V_1 трамвая на расстоянии $S_1=16$ м от места остановки.

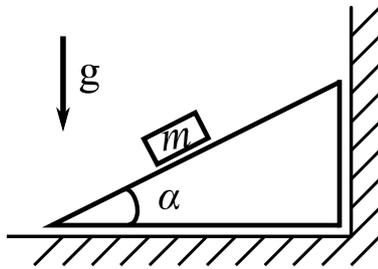
1.2. Автобус, двигаясь прямолинейно, тормозит с постоянным ускорением и останавливается. Тормозной путь $S=36$ м, время торможения $t=6$ с.

- 1) Найти начальную скорость автобуса.
- 2) За какое время t_1 автобус пройдет последние $S_1=9$ м?

2. Клин находится на горизонтальной поверхности гладкого стола и упирается в гладкую вертикальную стенку (см. рис.). На гладкую поверхность клина, наклоненную под углом α ($\cos \alpha = \frac{3}{4}$) к горизонту,

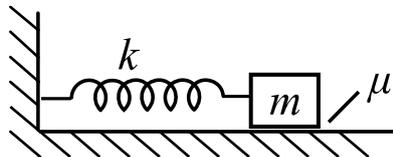
положили брусок и отпустили. Масса бруска m , масса клина $3m$.

- 1) Найти силу, с которой брусок действует на клин.
- 2) Найти силу, с которой клин действует на стол.



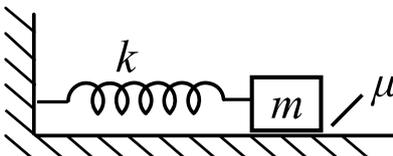
3.1. Один конец пружины прикреплен к вертикальной стенке, к другому концу пружины прикреплен груз массы $m = 1$ кг. Система находится на шероховатой горизонтальной плоскости. Коэффициент трения скольжения груза по плоскости $\mu = 0,4$. Если груз сместить из положения, в котором упругая сила пружины нулевая, на любое расстояние большее $A = 0,2$ м и отпустить с нулевой начальной скоростью, груз движется по прямой, останавливается и продолжает движение.

- 1) Найдите коэффициент k жесткости пружины.
 - 2) Найдите максимальную скорость V_M груза при начальном удлинении пружины равном A .
- Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



3.2. Один конец пружины прикреплен к вертикальной стенке, к другому концу пружины прикреплен груз массы $m = 5$ кг. Система находится на шероховатой горизонтальной плоскости. Коэффициент жесткости пружины $k = 100$ Н/м. Если груз сместить из положения, в котором упругая сила пружины нулевая, на любое расстояние большее $A = 0,3$ м и отпустить с нулевой начальной скоростью, груз движется по прямой, останавливается и продолжает движение.

- 1) Найдите коэффициент μ трения скольжения груза по плоскости.
 - 2) Найдите наибольшую кинетическую K_{MAX} груза энергию при начальном удлинении пружины равном A .
- Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



4.1. Тепловая машина работает по прямому циклу, состоящему из изобары 1-2, адиабаты 2-3, изобары 3-4 и адиабаты 4-1. Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ. Работа газа при изобарическом расширении равна A , работа над газом при изобарическом сжатии равна $A/3$.

- 1) Какое количество теплоты получил газ при изобарическом расширении?
- 2) Найти КПД тепловой машины.

4.2. Тепловая машина работает по прямому циклу, состоящему из изобары 1-2, адиабаты 2-3, изобары 3-4 и адиабаты 4-1. Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ. Работа газа при изобарическом расширении равна A , в процессе изобарического сжатия от газа отвели количество теплоты $15A/8$.

- 1) Какое количество теплоты получил газ при изобарическом расширении?
- 2) Найти КПД тепловой машины.

5. В цилиндре под поршнем находится воздух с относительной влажностью $\varphi_1 = 70\%$ при температуре $t_1 = 7^\circ\text{C}$. Воздух сжали, уменьшив объем в 4 раза, а температуру увеличили до 100°C .

- 1) Во сколько раз увеличилась плотность водяного пара?
- 2) Найти новую относительную влажность воздуха.

Пар считать идеальным газом. Давление насыщенного водяного пара при 7°C равно $P_{1H} = 1$ кПа.

6. К батарее подключено переменное сопротивление. При уменьшении сопротивления от $R = 16$ Ом до $0,5R = 8$ Ом напряжение на зажимах батареи уменьшается от $U_1 = 10$ В до $U_2 = 7$ В.

- 1) Найдите внутреннее сопротивление r и электродвижущую силу E батареи.
- 2) Найдите максимальную мощность P_{MAX} , которая рассеивается на внешнем сопротивлении в этом опыте.

Выездная физико-математическая олимпиада МФТИ. Январь – февраль 2021г.
Условия. 11 класс. Физика

1. Автомобиль разгоняется из неподвижного состояния с постоянным ускорением, двигаясь по прямой. За $t=10$ с он прошел путь $S=100$ м.

1) Найти ускорение автомобиля. 2) Найти скорость автомобиля на расстоянии $S_1=49$ м от места старта.

2.1. По горизонтальной поверхности стола движется брусок и сталкивается с неподвижным бруском. Скорость движущегося бруска перед ударом V_0 , его масса в 4 раза меньше массы неподвижного бруска. Все скорости направлены вдоль одной прямой. Коэффициент трения брусков по столу μ .

1) Найти скорость двигавшегося бруска сразу после столкновения.
2) На каком расстоянии окажутся остановившиеся бруски после столкновения.

2.2. По горизонтальной поверхности стола движется брусок и сталкивается с неподвижным бруском. Скорость движущегося бруска перед ударом V_0 , его масса в 5 раз меньше массы неподвижного бруска. Все скорости направлены вдоль одной прямой. Коэффициент трения брусков по столу μ .

1) Найти скорость покоившегося бруска сразу после столкновения.
2) На каком расстоянии окажутся остановившиеся бруски после столкновения.

3.1. С одноатомным идеальным газом проводят циклический процесс, состоящий из изобары, изохоры и адиабаты. В изобарическом процессе объем газа увеличивается в $n = 8$ раз.

1) Найдите КПД η цикла.
2) Найдите максимальный возможный КПД η_{MAX} такого цикла при неограниченном росте n .

Указание: в адиабатическом процессе с одноатомным идеальным газом абсолютная температура и объем связаны соотношением $T \cdot V^{\frac{2}{3}} = const$.

3.2. С одноатомным идеальным газом в количестве $\nu = 1$ моль проводят цикл, состоящий из трех процессов: расширения, в котором плотность и абсолютная температура связаны обратно пропорциональной зависимостью $\rho = \frac{\alpha}{T}$, изохорного охлаждения и адиабатического сжатия. В процессе расширения плотность

газа уменьшается в $n = 5,2$ раза. В начальном состоянии температура газа $T_0 = 300$ К.

1) Найдите работу A газа за цикл.
2) Найдите максимальный возможный КПД η_{MAX} такого цикла при неограниченном росте n .

Указание: в адиабатическом процессе с одноатомным идеальным газом абсолютная температура и плотность связаны соотношением $T = const \cdot \rho^{\frac{2}{3}}$.

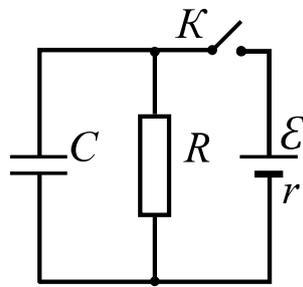
4. В цилиндре под поршнем находится воздух с относительной влажностью $\varphi_1 = 96\%$ при температуре $t_1 = 14^\circ\text{C}$. Воздух сжали, уменьшив объем в 3 раза, а температуру увеличили до 100°C .

1) Во сколько раз увеличилась плотность водяного пара?
2) Найти новую относительную влажность воздуха.

Пар считать идеальным газом. Давление насыщенного водяного пара при 14°C равно $P_{1H} = 1,6$ кПа.

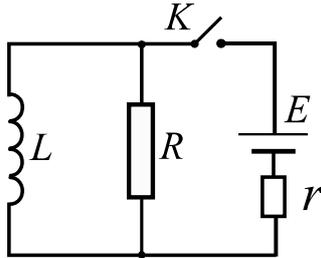
5. В цепи, схема которой показана рисунке, все параметры известны, в начальный момент конденсатор не заряжен. Ключ замыкают, а в тот момент, когда скорость роста энергии, запасенной в конденсаторе, становится равной мощности тепловыделения на сопротивлении R , ключ размыкают.

1) Какую мощность P развивают сторонние силы в источнике перед размыканием ключа?
2) Какое количество Q теплоты выделится в цепи, если ключ разомкнуть в тот момент, когда скорость роста энергии конденсатора, становится наибольшей?



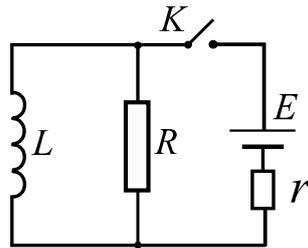
6.1. Параметры элементов цепи указаны на схеме (см. рис.). Ключ замыкают.

- 1) Найти ток через резистор R сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивности в момент, когда ток через R станет в 2 раза меньше тока через источник.



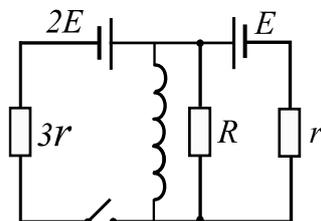
6.2. Параметры элементов цепи указаны на схеме (см. рис.). Ключ замыкают.

- 1) Найти ток через источник сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивности в момент, когда ток через R станет в 3 раза меньше тока через источник.



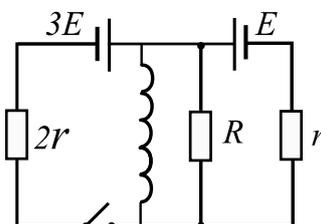
7.1. В цепи, схема которой показана рисунке, ключ разомкнут, режим в цепи установился. Параметры элементов цепи указаны на схеме.

- 1) Найти ток через катушку индуктивности в установившемся режиме до замыкания ключа.
- 2) Найти ток через резистор R сразу после замыкания ключа.



7.2. В цепи, схема которой показана рисунке, ключ разомкнут, режим в цепи установился. Параметры элементов цепи указаны на схеме.

- 1) Найти ток через источник E в установившемся режиме до замыкания ключа.
- 2) Найти ток через резистор R сразу после замыкания ключа.



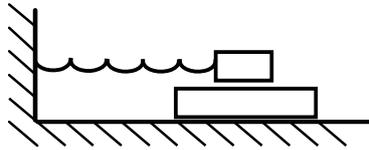
8.1. На гладкой горизонтальной поверхности стола находится доска. На доске лежит брусок, прикрепленный к стене упругой пружиной (см. рис.). Масса бруска в 8 раз больше массы доски. Система совершает колебания вдоль горизонтальной прямой с амплитудой $A = 0,1$ м и максимальной скоростью $V_M = 1,6$ м/с.

Брусок при колебаниях не проскальзывает по доске.

1) Найти максимальное значение ускорения бруска.

2) При каких значениях коэффициента трения между доской и бруском такие колебания возможны?

Принять $g = 10$ м/с².



8.2. На гладкой горизонтальной поверхности стола находится доска. На доске лежит брусок, прикрепленный к стене упругой пружиной (см. рис.). Масса бруска в 10 раз больше массы доски. Система совершает колебания вдоль горизонтальной прямой с амплитудой $A = 0,2$ м и максимальной скоростью $V_M = 2$ м/с.

Брусок при колебаниях не проскальзывает по доске.

1) Найти период колебаний системы.

2) При каких значениях коэффициента трения между доской и бруском такие колебания возможны?

Принять $g = 10$ м/с².

