

**Рецензия**  
**на материалы авторской разработки**  
**по теме: «Динамика»**  
**учителя физики МБОУ лицей № 4**  
**им. профессора Е.А.Котенко**  
**г. Ейска Ейского района**  
**Горощук Татьяны Николаевны**

Рецензируемая авторская разработка предназначена для учащихся 10-11 классов, планирующих сдачу Единого Государственного экзамена по физике. Представленные материалы позволят выпускникам качественно подготовиться к успешной сдаче экзамена, закрепить знания по предмету.

Количество страниц – 27.

Цель разработки – проанализировать основные типы заданий по теме: «Динамика», отработать способы их решения.

Актуальность и востребованность материалов данного методического пособия объясняется тем, что в авторских печатных пособиях предлагаются методические рекомендации для решения заданий 2 части работы ЕГЭ, а к заданиям 1 части отсутствуют варианты решения заданий, что приводит к возникновению трудностей при решении задач на объяснение физических процессов и явлений с использованием нужных физических величин в рамках изученных теоретических утверждений и законов.

Автор акцентирует внимание на том, что в готовых печатных изданиях собраны варианты по всем темам ЕГЭ по физике, но вариантов заданий по конкретным темам недостаточно. В связи с этим в методическом пособии подробно рассмотрены различные типы заданий по теме: «Динамика» и особое внимание уделено вопросам, которые на базовом уровне в школе не изучаются.

Достоинством авторских материалов является их практическая направленность: для отработки навыков решения задач в пособии предусмотрены материалы для тренировки различного уровня сложности с возможностью проверки правильного ответа (для учащихся подготовлены различные варианты решений, а не только ответы). Это позволяет учащимся не только отработать практические навыки по решению задач, а также проверить уровень подготовки к экзамену по физике.

Учебный материал в разработке сгруппирован по модульному принципу. Содержание разработано в логической последовательности, соответствует накопленным знаниям по школьной программе предмета, тем самым обеспечивается решение следующих основных задач:

- формирование знаний в отношении изучаемой дисциплины;

- устранение пробелов в знаниях по основной общеобразовательной программе;
- формирование представления о различных постановках экзаменационных заданий;
- развитие алгоритмического мышления;
- освоение методов решения разных задач с явно заданной физической моделью и задач, подразумевающих самостоятельное создание физической модели, соответствующей условиям задачи.

Рецензируемое методическое пособие представлено педагогической общественности в рамках районного методического объединения учителей физики, а также в рамках тьюторских занятий учителей физики. Материалы учителя физики Горощук Т.Н. прошли успешную апробацию на базе лицея № 4 г. Ейска в общеобразовательных классах и классах с углубленным изучением предмета и рекомендованы для использования в работе общеобразовательных организаций Ейского района.

Рецензент:

А.Н.Даньшина

Подпись удостоверяю

Исполняющий обязанности  
директора МКУ «Информационно-  
методический центр системы  
образования Ейского района»



О.С.Быстрицкая

25.07.2024 г.

**Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
лицей № 4 имени профессора Евгения Александровича Котенко города  
Ейска муниципального образования Ейский район  
Краснодарского края**

**Методическое пособие для подготовки к ЕГЭ  
по теме: «ДИНАМИКА»**

Автор-составитель:

Горощук Татьяна Николаевна,  
учитель физики  
МБОУ лицей № 4 г. Ейска

г. Ейск, 2024

## Оглавление

Пояснительная записка.....	3
Основное содержание.....	4
Примеры заданий.....	5
1.    Задания расчетные.....	5
2.    Задания с использованием графиков.....	5
3.    Задания на применение второго закона Ньютона (алгоритм решения).....	7
3.1 На тело действует несколько сил.....	7
3.2 Система из нескольких тел.....	7
3.3 Движение по наклонной плоскости.....	8
3.4 Движение по окружности.....	8
3.5 Движение связанных тел через неподвижный блок.....	8
4.    Задания на соответствие.....	9
5.    Задачи с развернутым решением.....	12
Заключение .....	15
Список используемой литературы.....	16
Приложение.....	17
Справочный материал для учащихся.....	17
Ответы к заданиям.....	20

## Пояснительная записка

Данное пособие предназначено для организации обобщающего повторения и подготовки к ЕГЭ по физике по теме «Динамика», включая повторение теоретического материала, решение заданий различного уровня сложности.

Содержание данного пособия обеспечивает совершенствование уже усвоенных умений и формирование умения решать задачи, что представляет развивающий потенциал. Выполняя представленные задания, учащиеся получают возможность повторить материал всей темы и самостоятельно подготовиться по теме, а также проверить уровень своей подготовки к экзамену.

Цель методического пособия – проанализировать основные типы заданий по теме «Динамика», отработать способы их решения.

Актуальность материалов данного методического пособия объясняется тем, что имеющиеся печатные пособия содержат методические рекомендации для решения заданий 2 части работы ЕГЭ, а к заданиям 1 части даются только ответы, поэтому у учащихся при подготовке к экзаменам возникают проблемы с решением задач на объяснение физических процессов и явлений с использованием нужных физических величин в рамках изученных теоретических утверждений и законов.

Во многих печатных изданиях собраны варианты по всем темам ЕГЭ по физике и мало тематических вариантов заданий. В методическом пособии рассмотрены различные типы заданий и уделено внимание вопросам, которые на базовом уровне в школе не изучаются.

Практическая значимость представленных материалов методического пособия заключается в их универсальности и простоте использования: задания подобраны таким образом, чтобы за короткое время изучения получить глубокие знания по конкретной теме. Для отработки заданий в пособии для учеников предусмотрены материалы для тренировки различного уровня сложности с возможностью проверки правильного ответа.

Содержание разработано в логической последовательности, соответствует накопленным знаниям по школьной программе предмета, тем самым обеспечивая решение следующих основных задач:

- формирование знаний в отношении изучаемой дисциплины;
- устранение пробелов в знаниях по основной общеобразовательной программе;
- формирование представления о различных постановках экзаменационных заданий;
- развитие алгоритмического мышления;

- освоение методов решения разных задач с явно заданной физической моделью и задач, подразумевающих самостоятельное создание физической модели, соответствующей условиям задачи;

- практика решения экзаменационных заданий.

Учителям пособие будет полезно для организации разных форм подготовки к ЕГЭ и для контроля знаний учащихся по теме «Динамика».

### **Основное содержание**

Физическое образование в средней школе ориентировано на обеспечение формирования у обучающихся представлений о научной картине мира – важного ресурса научно-технического прогресса, знакомство обучающихся с физическими явлениями, развитие компетенций в решении научно-исследовательских задач.

В КИМ ЕГЭ по физике добавлены задания, проверяющие следующие предметные результаты:

- применение изученных понятий, моделей и законов для объяснения физических процессов;
- освоение методологических умений;
- умение решать качественные и расчетные задачи разных типов.

Задания по теме «Динамика» встречаются в 1 и 2 частях работы. Перечень проверяемых элементов по теме следующий:

- Инерциальная система отсчета;
- Первый закон Ньютона;
- Масса тела, плотность вещества;
- Сила. Принцип суперпозиции сил
- Второй закон Ньютона;
- Третий закон Ньютона;
- Закон Всемирного тяготения;
- Сила тяжести;
- Движение небесных тел и искусственных спутников. Первая космическая скорость;
- Сила упругости. Закон Гука;
- Сила трения;
- Применение законов Ньютона;
- Вес тела;
- Давление.

## Примеры заданий.

### 1. Задания расчетные.

В расчетных заданиях проверяется знание основных законов и формул по теме «Динамика»

1.	В инерциальной системе отсчета сила $F$ сообщает телу массой $m$ ускорение $4 \text{ м/с}^2$ . Чему равно ускорение тела массой $2m$ под действием силы $\frac{1}{2} F$ в этой системе отсчета?
2.	Под действием силы $150 \text{ Н}$ покоящееся тело приобрело скорость $15 \text{ м/с}$ за $5 \text{ с}$ . Какова масса тела.
3.	Средний радиус планеты Меркурий $2420 \text{ км}$ , а ускорение свободного падения $3,72 \text{ м/с}^2$ . Найдите массу Меркурия?(ответ округлить до десятых)
4.	Предположим, что радиус Земли уменьшили в $3$ раза. Как должна измениться ее масса, чтобы сила, действующая со стороны Земли на тело, которое находится на ее поверхности, осталась прежней?
5.	Определите жесткость пружины, если под действием силы $15 \text{ Н}$ она удлинилась на $2 \text{ см}$ .
6.	К пружинке жесткостью $500 \text{ Н/м}$ и длиной $10 \text{ см}$ подвесили груз массой $2 \text{ кг}$ . Какой стала длина пружины?
7.	Конькобежец массой $80 \text{ кг}$ скользит по льду. Чему равна сила трения, действующая на спортсмена, если коэффициент трения скольжения по льду равен $0,02$ ?
8.	Автомобиль массой $2 \text{ т}$ , проходящий середину выпуклого моста радиусом $40 \text{ м}$ , имеет вес $15 \text{ кН}$ . С какой скоростью движется автомобиль?
9.	Кирпич массой $4 \text{ кг}$ лежит на горизонтальной кладке стены, покрытый раствором, оказывая на нее давление $1250 \text{ Па}$ . Какова площадь грани, на которой лежит кирпич? Ответ дать в $\text{см}^2$

### 2. Задания с использованием графиков.

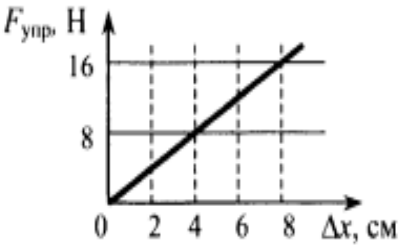
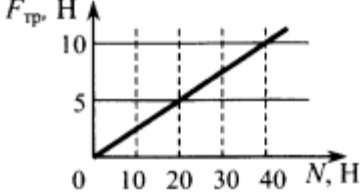
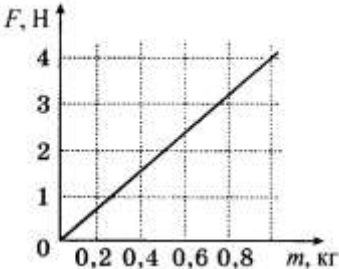
Умение работать с графической информацией – один из важнейших метапредметных результатов, который эффективно формируется при изучении школьного курса физики. В КИМ ЕГЭ по физике в каждом варианте встречаются задания, в которых используются разные графические зависимости и проверяются различные умения по работе с графиками.

В заданиях с выбором ответа и с кратким ответом используются графики и таблицы:

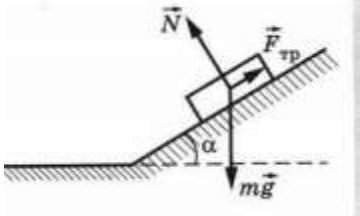
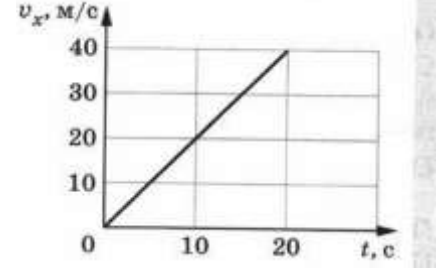
- зависимости силы упругости от удлинения пружины (задание 1),

- зависимости от силы нормальной реакции опоры силы трения (задание 2),
- зависимости от массы равнодействующей всех сил (задания 3),
- анализируя таблицу зависимости силы трения скольжения от силы нормального давления (задание 4),
- чтение рисунка с указанием сил (задание 5)
- зависимости от времени скорости материальной точки (задание 6)

Для решения таких задач требуется получить информацию из графика, таблицы или рисунка - необходимо применить формулу из кодификатора.

1.	По результатам исследования построен график зависимости модуля силы упругости от ее деформации. Каким будет удлинение пружины при подвешивании груза массой 2 кг? Ответ дать в см.											
2.	На рисунке представлен график зависимости модуля силы трения от модуля силы нормальной реакции опоры. Определите коэффициент трения скольжения.											
3.	На графике представлена зависимость силы тяжести от массы тела для некоторой планеты. Чему равно ускорение свободного падения на этой планеты?											
4.	<table border="1" data-bbox="272 1621 1378 1749"> <tbody> <tr> <td><math>F_{тр}, Н</math></td> <td>1,0</td> <td>2,0</td> <td>3,0</td> <td>4,0</td> </tr> <tr> <td><math>F_{д}, Н</math></td> <td>2,0</td> <td>4,0</td> <td>6,0</td> <td>8,0</td> </tr> </tbody> </table> <p>При исследовании зависимости силы трения скольжения от силы нормального давления были получены результаты, представленные в таблице. Определите по результатам исследования коэффициент трения скольжения.</p>		$F_{тр}, Н$	1,0	2,0	3,0	4,0	$F_{д}, Н$	2,0	4,0	6,0	8,0
$F_{тр}, Н$	1,0	2,0	3,0	4,0								
$F_{д}, Н$	2,0	4,0	6,0	8,0								



5.	Брусок массой 2 кг положили на шероховатую наклонную опору. На него действуют три силы: сила тяжести, сила нормальной реакции опоры и сила трения. Чему равен модуль равнодействующей силы трения и силы нормальной реакции опоры, если брусок покоится.	
6.	Скорость тела массой 3 кг, движущегося вдоль оси ОХ инерциальной системы отсчета, изменяется согласно графика. Определите равнодействующую сил, приложенных к телу, в момент времени 10 с.	

### 3. Задания на применение второго закона Ньютона (алгоритм решения)

<b>На тело действует несколько сил:</b>	
<p>1. Укажите на рисунке все силы, действующие на тело и его ускорение.</p> <p>2. Выберите систему координат и проектируйте основное уравнение динамики <math>\sum F = ma</math> на оси ОХ и ОУ.</p> <p>3. Дополните полученную систему уравнений уравнениями типа <math>F = mg</math>, <math>F_{тр} = \mu N</math>, <math>F_{упр} = k\Delta l</math> и т.д.</p> <p>4. Решите полученную систему уравнений относительно неизвестных задачи.</p>	
1.	На тело массой 1 кг, лежащее на горизонтальной поверхности, действуют две силы: сила 10 Н горизонтально и сила 2 Н – вертикально вниз. Определите величину ускорения тела в горизонтальном направлении. Коэффициент трения равен 0,4.
2.	Человек тянет сани массой 140 кг за веревку с силой 400 Н. Веревка составляет с горизонтальным полотном дороги угол $45^\circ$ . Определите коэффициент трения, если известно, что сани движутся равномерно. Синус и косинус угла $45^\circ$ принять равными 0,7.
3.	Чтобы тело массой 3 кг находилось в покое, его надо прижать к вертикальной стене минимальной перпендикулярной силой 150 Н. Определите коэффициент трения тела о стену.
<b>Система из нескольких тел:</b>	
1. Надо ввести силы взаимодействия тел (натяжения нити, силы давления од-	

	<p>ного тела на другое и т.д.), равные по величине и противоположные по направлению (по третьему закону Ньютона)</p> <p>2. Записать основное уравнение динамики для каждого тела.</p> <p>3. Уравнения связей должны включать зависимость между ускорениями тел, которая получается из зависимостей перемещений.</p>
4.	Тягач тянет равноускоренно два прицепа массами 30 т и 20 т. Найдите силу натяжения сцепки между прицепами, если сила тяги 18000 Н приложена к первому прицепу.
5.	Два груза связаны невесомой нерастяжимой нитью и находятся на горизонтальной поверхности. Если силу 90 Н приложить к правому грузу, то при движении грузов натяжение нити 50 Н. Определите силу натяжения нити, если силу 90 Н приложить к левому грузу. Силы направлены параллельно поверхности.
<b>Движение по наклонной плоскости:</b>	
<p>1. Координатные оси следует выбирать (OX) вдоль и (OY) поперек направлению возможного движения</p> <p>2. Силу тяжести раскладываем на <math>F_{\parallel} = mg \sin \alpha</math> и <math>F_{\perp} = mg \cos \alpha</math></p>	
6.	За какое время первоначально покоящееся тело соскользнет с наклонной плоскости высотой 1,36 м, наклоненной под углом $45^{\circ}$ к горизонту, если коэффициент трения между ними 0,15.
7.	Для удержания тела на наклонной плоскости нужна сила не менее 4Н, а для равномерного подъема 11 Н. Найдите силу трения скольжения.
<b>Движение по окружности:</b>	
<p>1. Основное уравнение динамики <math>\sum F = ma</math> проектируется на радиус окружности в заданной точке траектории</p> <p>2. Нормальное (центростремительное) ускорение определяется по формуле <math>a_{ц} = v\omega = \omega^2 R = v^2/R</math></p> <p>3. Как всегда, действие на опору (вес тела) и реакция опоры равны по величине и противоположны по направлению.</p>	
8.	Камень массой 0,5 кг равномерно вращается на нити в вертикальной плоскости. Определите разность сил натяжения нити при прохождении нити при прохождении камнем нижней и верхней точек траектории.
9.	К потолку на нити длиной 1 м прикреплен тяжелый шарик. Шарик приведен во вращение в горизонтальной плоскости. Нить составляет угол $60^{\circ}$ с вертикалью. Найдите период обращения шарика.
<b>Движение связанных тел через неподвижный блок:</b>	

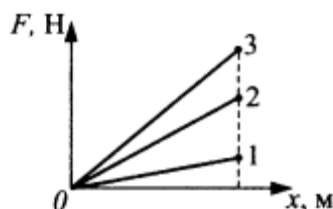
*Неподвижный блок только изменяет направление движения связанных тел.*

10. Две гири массами 2 кг и 7 кг связаны невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через неподвижный невесомый блок. На сколько опустится большая гиря за первые 3 секунды, если гири отпустить?

#### 4. Задания на соответствие

В заданиях этого типа рассматриваются различные ситуации, для которых необходимо найти формулы для искомых величин или проанализировать изменение величин при изменении характеристик, используя приведенные выше законы и формулы.

1.	<p>Брусок покоится на наклонной плоскости с углом наклона <math>\alpha</math> к горизонту. Коэффициент трения бруска о плоскость равен <math>k</math>, масса бруска <math>m</math>, ускорение свободного падения <math>g</math>.</p> <p>К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.</p> <table border="1" data-bbox="316 1010 1222 1200"> <thead> <tr> <th>Физическая величина</th> <th>Формула</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>А) сила нормальной реакции опоры, <math>N</math></td> <td>1) <math>mg \sin \alpha</math></td> </tr> <tr> <td>Б) сила трения, <math>F_{\text{тр}}</math></td> <td>2) <math>mg \cos \alpha</math></td> </tr> <tr> <td></td> <td>3) <math>mg \operatorname{tg} \alpha</math></td> </tr> <tr> <td></td> <td>4) <math>kN</math></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="288 1218 502 1317"> <thead> <tr> <th>А</th> <th>Б</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Физическая величина	Формула	А) сила нормальной реакции опоры, $N$	1) $mg \sin \alpha$	Б) сила трения, $F_{\text{тр}}$	2) $mg \cos \alpha$		3) $mg \operatorname{tg} \alpha$		4) $kN$	А	Б		
Физическая величина	Формула														
А) сила нормальной реакции опоры, $N$	1) $mg \sin \alpha$														
Б) сила трения, $F_{\text{тр}}$	2) $mg \cos \alpha$														
	3) $mg \operatorname{tg} \alpha$														
	4) $kN$														
А	Б														
2.	<p>Паращютист, выброшенный из самолета выше плотных слоев атмосферы и падающий так некоторое время, раскрыл парашют. Что сразу после этого произошло со скоростью, ускорением и весом?</p> <p>Для каждой величины подберите соответствующий характер изменения:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) увеличилась;</li> <li>2) уменьшилась;</li> <li>3) не изменилась</li> </ol> <p>Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.</p> <table border="1" data-bbox="288 1715 1514 1823"> <thead> <tr> <th>скорость</th> <th>ускорение</th> <th>вес</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	скорость	ускорение	вес											
скорость	ускорение	вес													
3.	<p>На рисунке представлены графики зависимости силы упругости для трех пружин от удлинения.</p>														



Используя данные графика, выберите из предложенного перечня два верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) При одинаковых силах упругости, возникающих в пружинах, удлинение второй наибольшее.
- 2) Жесткость второй пружины больше, чем первой.
- 3) Жесткость первой пружины больше, чем третьей.
- 4) Начальные длины всех пружин одинаковы.
- 5) При одинаковых удлинениях наименьшая сила упругости возникает в первой пружине.

--	--

4. В первой серии опытов брусок перемещают при помощи нити равномерно и прямолинейно вверх по наклонной плоскости. Во второй серии опытов на бруске закрепили груз, не меняя прочих условий. Как изменятся при переходе от первой серии опытов ко второй сила натяжения нити и коэффициент трения между бруском и плоскостью? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

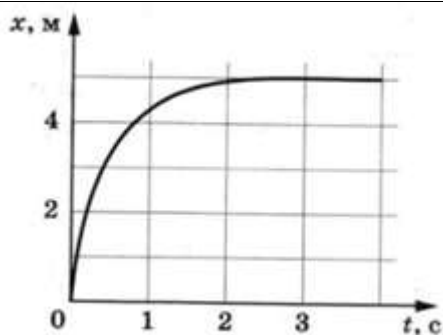
- 1) увеличится;
- 2) уменьшится;
- 3) не изменится

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

Сила натяжения нити	Коэффициент трения

5. С высоты  $h$  по наклонной плоскости из состояния покоя соскальзывает брусок массой  $m$ . Длина наклонной плоскости  $S$ , а коэффициент трения между бруском и плоскостью равен  $\mu$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

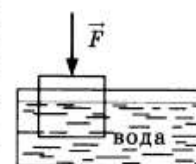
	<p><b>ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ</b></p> <p>А) модуль силы нормального давления бруска на плоскость  Б) модуль ускорения бруска</p>	<p><b>ФОРМУЛЫ</b></p> <p>1) <math>\frac{mg}{S} \sqrt{S^2 - h^2}</math>  2) <math>\frac{mg}{S} (h - \mu \sqrt{S^2 - h^2})</math>  3) <math>\frac{g}{S} (h - \mu \sqrt{S^2 - h^2})</math>  4) <math>\frac{\mu mg}{S} \sqrt{S^2 - h^2}</math></p>								
6.	<p>При переходе с одной круговой орбиты на другую скорость движения искусственного спутника Земли уменьшается. Как изменится в результате этого перехода ускорение спутника и период его обращения вокруг Земли? Для каждой величины подберите соответствующий характер изменения:</p> <p>1) увеличивается;  2) уменьшается;  3) не изменяется</p> <p>Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.</p>	<table border="1" data-bbox="288 528 512 629"> <tr> <td>А</td> <td>Б</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table> <table border="1" data-bbox="288 1077 1106 1227"> <thead> <tr> <th>Центростремительное ускорение</th> <th>Период обращения вокруг Земли</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	А	Б			Центростремительное ускорение	Период обращения вокруг Земли		
А	Б									
Центростремительное ускорение	Период обращения вокруг Земли									
7.	<p>Шарик катится по прямому желобу. Изменение координаты с течением времени в инерциальной системе отсчета показано на графике. Выберите два верных утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте.</p> <p>1) скорость шарика постоянно увеличивалась  2) первые 2 с скорость шарика возрастала, а затем оставалась постоянной  3) на шарик действовала все увеличивающаяся сила  4) первые 2 с шарик двигался с уменьшающейся скоростью, а затем покоился  5) в промежутке времени от 2 с до 4 с равнодействующая всех сил, действующих на шарик, была равна нулю.</p>									



--	--

8.

Деревянный кубик с ребром 10 см плавает частично погруженный в воду. Его начинают медленно погружать, действуя силой, направленной вертикально вниз. В таблице приведены значения модуля силы, под действием которой кубик находится в равновесии частично или полностью погруженный в воду. Погрешность измерения силы составила 0,1 Н. Выберите *два* верных утверждения на основании данных, приведенных в таблице.



№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8
Модуль силы $F$ , Н	0,2	0,8	1,8	3,0	4,0	5,0	6,0	6,0

- 1) В опыте № 8 сила Архимеда, действующая на кубик, больше, чем в опыте № 7.
- 2) В опыте № 5 кубик погружен в воду полностью.
- 3) Масса кубика равна 0,5 кг.
- 4) При выполнении опытов № 1 – № 5 сила Архимеда, действующая на тело, увеличивалась.
- 5) Плотность кубика равна 400 кг/м<sup>3</sup>.

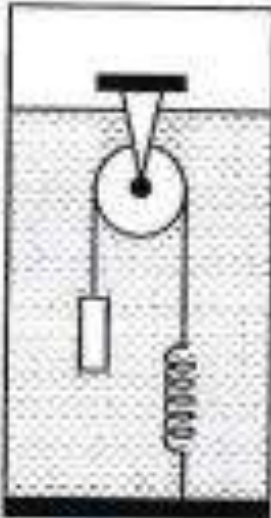
--	--

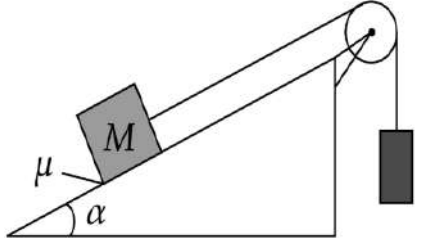
### 5. Задачи с развернутым решением

Задание с развернутым решением - задание 22, 26 ЕГЭ по теме «Динамика», которое «стоит» максимальное количество баллов. Эту задачу нужно не просто решить, а обосновать возможность применимости законов механики, которые требуются для решения данной задачи. Обоснование оценивается по критерию К1 от нуля до одного балла. Если верно обоснована возможность использования законов (закономерностей), то ставится один балл, если допущены ошибки или недочеты, то за обоснование поставят ноль баллов. Решение задачи оценивается по критерию К2 от нуля до трех баллов. Критерии для оценки решения задачи № 26 совпадают с критериями оценивания задач № 24 и 25.

В задании № 26 можно встретить задачи по теме «Динамика» на связанные системы тел. Для обоснования применимости законов физики в таких заданиях нужно:

- ввести инерциальную систему отсчета, связанную с Землей или другим телом, которое покоится или движется относительно Земли равномерно и прямолинейно;
- обосновать применимость модели материальной точки к телам, о которых идет речь в задаче, тем, что их размеры малы по сравнению с другими характерными размерами системы или с теми расстояниями, которые они проходят, или тем, что они движутся поступательно;
- установить причинно-следственные связи для объяснения равенства модулей сил натяжения нити и равенства модулей ускорений тел в системе (например, нить невесома, следовательно, равны модули сил натяжения нити; нить нерастяжима, следовательно, равны модули ускорений тел, составляющих систему);
- если нить, соединяющая грузы, перекинута через блок, то для обоснования равенства модулей сил натяжения нити необходимо будет учесть и то, что блок идеальный, то есть можно пренебречь его массой и силой трения в оси блока;
- обосновать необходимость применения законов Ньютона (второго, третьего) тем, что они описывают движение (второй закон Ньютона) и взаимодействие (третий закон Ньютона) материальных точек в ИСО;
- если тела связаны пружиной, то равенство модулей сил упругости, действующих на каждое из этих тел, следует из того факта, что массой пружины можно пренебречь, а равенство модулей ускорений тел в такой системе обосновывается тем, что длина пружины не изменяется при движении тел, соединенных пружиной.

1	<p>На рисунке показана система тел, состоящая из неподвижного блока с перекинутой через него легкой и нерастяжимой нитью, к концам которой привязаны тяжелое тело объемом <math>100 \text{ см}^3</math> и легкая пружина жесткостью <math>100 \text{ Н/м}</math>. Эта система погружена в сосуд с жидкостью плотностью <math>900 \text{ кг/м}^3</math>. Нижний конец пружины прикреплен ко дну сосуда. Как и на сколько изменится сила натяжения нити, действующая на пружину, если всю жидкость вылить из сосуда? Считать, что трение в оси блока отсутствует.</p>	
---	---	---

2	<p>Грузы массами <math>M</math> и <math>m = 1</math> кг связаны легкой нерастяжимой нитью, переброшенной через блок, по которому нить может скользить без трения (см. рис.) Груз массой <math>M</math> находится на шероховатой плоскости (угол наклона к горизонту <math>\alpha = 30^\circ</math>, коэффициент трения <math>\mu = 0,2</math>). Чему равно минимальное значение массы <math>M</math>, при котором система грузов еще не выходит из первоначального состояния покоя? Ответ округлите до десятых. Какие законы Вы использовали для описания движения? Обоснуйте их применение к данному случаю.</p>	
3	<p>Полый конус с углом при вершине <math>2\alpha</math> вращается с угловой скоростью <math>\omega</math> 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 <math>\mu</math>. При каком максимальном расстоянии <math>L</math> от вершины шайба будет неподвижна относительно конуса? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на шайбу.</p>	



## Заключение

Физика является одной из сложных дисциплин школьного курса. Формирование функциональной грамотности в современной школе является одной из приоритетных задач обучения. В физике, как предмете естественно-научного цикла, основное внимание уделяется естественно-научной грамотности. Но не менее важны и остальные виды функциональной грамотности: и математическая, и читательская, и другие.

Любая методическая продукция в образовательном пространстве предназначена для передачи положительного педагогического опыта и направлена, прежде всего, на профессиональное совершенствование работы педагогов и повышение качества образовательной подготовки обучающихся.

Практикующему педагогу известно, с каким трудом даётся школьникам усвоение физических терминов и понятий. Необходимо донести информацию так, чтобы сложный и объёмный фактический материал стал для них доступным и запоминающимся.

Поэтому в данном пособии учебный материал сгруппирован по модульному принципу. Содержание построено в логической последовательности, соответствует накопленным знаниям по школьной программе предмета.

Данные материалы прошли успешную апробацию на базе лицея №4 г. Ейска, что привело к успешной сдаче ЕГЭ по физике в 2023 и 2024 годах.

### **Список используемой литературы**

1. Громцева О.И. «ЕГЭ. Физика. Полный курс А,В,С. Самостоятельная подготовка к ЕГЭ», М.: Издательство «Экзамен», 2013.
2. Демидова М.Ю., Грибов В.А., Гиголо А.И. «Я сдам ЕГЭ. Физика», М. «Просвещение», 2018.
3. Демидова М.Ю. «ЕГЭ. Физика: типовые экзаменационные варианты: 30 вариантов», М.: Издательство «Национальное образование», 2019.
4. Демонстрационные варианты ЕГЭ.

## Приложение

### СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ

Динамика изучает причины движения тел и способы определения ускорения.

**Инерция** - явление, при котором тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения (т.е. в этих случаях отсутствует ускорение).

**Инерциальная система отсчета** – системы отсчета, относительно которых наблюдается инерция, а так же те, которые движутся равномерно и прямолинейно относительно ИСО - системы, ускорение которых равно нулю.

**Масса**  $m$  (кг)-физическая величина, являющаяся мерой инертности тела.

$$m = \rho V,$$

где  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>) –плотность,  $V$  (м<sup>3</sup>)-объем.

**Инертность** – свойство тел, характеризующее их способность сопротивляться изменению их скорости под воздействием силы.

**Сила**  $\vec{F}$  – векторная физическая величина, являющаяся количественной характеристикой действия одного тела на другое (или частей одного и того же тела).

Сила характеризуется:

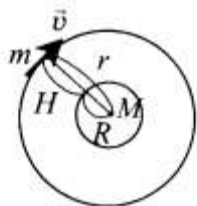
1. модулем
2. направлением
3. точкой приложения

**Равнодействующая** (результатирующая) **сила** ( $\Sigma \vec{F}$ ) – сила, которая оказывает на тело такое же действие, как и несколько одновременно действующих сил, т.е. геометрическая сумма сил.

$$\Sigma \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$$

**Искусственные спутники планеты** - тело, которое обращается вокруг планеты. В решении задач будем принимать то, что спутники движется по окружности.

**Первая космическая скорость** - скорость кругового движения, при котором радиус орбиты равен радиусу планеты



## Закон движения ИСЗ – второй закон Ньютона

$$F_{\text{тяж}} = ma_{\text{цс}} \text{ или } \frac{GMm}{(R+H)^2} = ma_{\text{цс}}$$

**Три закона Ньютона** справедливы только в инерциальных системах отсчета.

<i>Когда следует использовать</i>	<i>Формулировка</i>	<i>Формула</i>
<b>Первый закон Ньютона</b>		
Тело находится в состоянии покоя или движется равномерно и прямолинейно	Тело находится в состоянии покоя или движется по прямой с постоянной скоростью ( $a=0$ ), если на тело не действуют силы или их векторная сумма равна нулю	$\Sigma \vec{F} = 0$
<b>Второй закон Ньютона</b>		
Тело движется с ускорением <b>ВСЕГДА</b> $\vec{F} \uparrow \uparrow \vec{a}$	В инерциальной системе отсчета материальная точка постоянной массы $m$ под действием силы $F$ (равнодействующей приложенных к телу сил) движется с ускорением.	$\vec{a} = \frac{1}{m} \vec{F}$ или $\vec{F} = m\vec{a}$
<b>Третий закон Ньютона</b>		
Тело взаимодействует с другими телами	Тела действуют друг на друга с силами, направленными вдоль одной прямой, противоположными по направлению и равными по модулю	$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$

### Механические силы.

<p><b>Сила всемирного тяготения</b> – сила, с которой все тела притягиваются друг к другу.</p> <p><b>Закон всемирного тяготения:</b> все тела в природе притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению масс этих тел и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними</p>	$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$	<p>Сила всемирного тяготения направлена по линии, соединяющей центры тел.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p><math>G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Нм}^2/\text{кг}^2</math> - гравитационная постоянная, численно равная силе гравитационного притяжения двух тел массой по 1 кг каждое, находящихся на расстоянии 1 м одно от другого; <math>r</math> - расстояние между центрами тел</p>
---	-----------------------------------	---

<p><b>Сила тяжести</b> – сила, с которой планета притягивает к себе окружающие тела.</p>	$F = mg$	<p>Сила тяжести имеет гравитационную природу. Направление силы тяжести – вертикально вниз:</p> 
<p><b>Сила упругости</b> – сила, которая возникает при деформации тел, как ответная реакция на внешнее воздействие.</p> <p><b>Закон Гука:</b> модуль силы упругости, возникающей при деформации тела, пропорционален его удлинению.</p>	$F_{упр} = k\Delta l$	<p>Сила упругости имеет электромагнитную природу. Направление силы упругости – противоположное направлению смещения частиц при деформации.</p>  <p><math>\Delta l = l - l_0</math></p>
<p><b>Силы трения</b> – сила, возникающая при попытке перемещения одного тела по поверхности другого тела или при относительном движении тел.</p> <p>Трение бывает сухое и жидкое. Сухое делится на 3 вида: <i>трение покоя, трение скольжения и трение качения.</i></p> <p><b>Трение покоя</b> возникает при попытке сдвинуть предмет с места.</p>	$F_{тр} = \mu N$ (сила трения скольжения)	<p>Природа силы трения – электромагнитная. Приложена к обоим соприкасающимся телам. Направление – вдоль поверхностей соприкасающихся тел, против скорости движения.</p> 
<p><b>Вес тела</b> – сила, с которой тело вследствие своего притяжения к Земле, действует на опору или подвес</p>	$P = mg$	<p>Природа силы - электромагнитная. Направление силы - противоположное силе реакции опоры или силе натяжения нити.</p>

**Давление** - скалярная удельная величина, равная отношению модуля нормальной составляющей контактной силы, действующей на площадку, к площади ее поверхности

$$p = \frac{F_{\perp}}{S}$$

## Ответы к заданиям

### Задания расчетные:

1. В данной задаче рассматривается 2 случая, которые связаны соотношением сил и масс.

$$a_1 = \frac{F}{m}; a_2 = \frac{F}{2 \cdot 2m} = 1 \text{ м/с}^2.$$

2. Ускорение связывает динамическую часть задачи с кинематической

$m = \frac{F}{a} = 50 \text{ Н}$ , но  $a = \frac{V-v}{t} = 3 \text{ м/с}^2$  где  $V$  –конечная скорость,  $v$  – начальная скорость.

3.  $g = GM/R^2 = 3,3 \cdot 10^{23} \text{ кг}$ .

4. В данной задаче 2 случая, которые связаны неизменной силой взаимодействия тела и Земли

$F = GmM_{31}/R_1^2$  и  $F = GmM_{32}/R_2^2$ , решая совместно данные уравнения получаем: масса земли должна уменьшиться в 4 раза.

5.  $k = F/\Delta L = 750 \text{ Н/м}$

6.  $\Delta l = mg/k = 0,04 \text{ м}$ ,  $L = \Delta l + l_0 = 0,14 \text{ м}$

7.  $F_{\text{тр}} = \mu mg = 16 \text{ Н}$

8.  $N = m(g - v^2/R)$ , находим из данной формулы скорость  $V = 10 \text{ м/с}$

9.  $S = mg/p = 320 \text{ см}^2$

### Задачи с использованием графиков

1.  $\Delta l = mg/k = 10 \text{ см}$ , пользуясь графиком находим  $k = F_{\text{упр}}/\Delta l = 200 \text{ Н/м}$ , для того чтобы подставить в формулу.

2.  $\mu = F_{\text{тр}}/N = 0,25$ , пользуясь графиком какому значению  $F_{\text{тр}}$  соответствует значение  $N$

3.  $g = F/m = 4 \text{ м/с}^2$ .

4.  $\mu = F_{\text{тр}}/N = 0,5$  пользуясь таблицей какому значению  $F_{\text{тр}}$  соответствует значение  $N$

5. Так как тело находится в покое, то равнодействующая сил равна нулю. Геометрически получаем, что модуль равнодействующей силы трения и силы нормальной реакции опоры компенсируется силой тяжести, т. е.  $mg = 20 \text{ Н}$ .

6.  $F = ma = 6 \text{ Н}$ , с помощью графика находим ускорение  $a$ , согласно формуле

$$a = \frac{V-v}{t} = 2 \text{ м/с}^2, \text{ где } V \text{ –конечная скорость, } v \text{ – начальная скорость.}$$

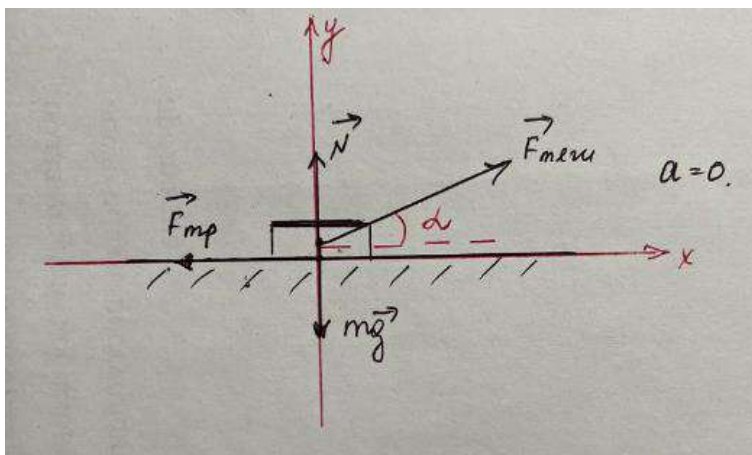
### Задачи на применение второго закона Ньютона (на тело действуют несколько сил):

1. Работаем согласно алгоритма, получаем конечную формулу

$$a = [F_1 - \mu(mg + F_2)]/m = 5,2 \text{ м/с}^2$$

2. Работаем согласно алгоритма:

- указываем на рисунке все силы, действующие на тело и его ускорение, вводим оси координат.



- Записываем II закон Ньютона в векторном виде, а далее в проекциях на соответствующие оси, решаем получившуюся систему уравнений относительно неизвестного

$$\vec{F}_{mp} + \vec{N} + \vec{F}_{mexi} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

$$\begin{cases} \text{ox:} & -F_{mp} + F_{mexi} \cos \alpha = 0 ; \quad F_{mp} = \mu N \\ \text{oy:} & N - mg + F_{mexi} \sin \alpha = 0 \Rightarrow N = mg - F_{mexi} \sin \alpha \\ & -\mu mg + \mu F_{mexi} \sin \alpha + F_{mexi} \cos \alpha = 0 \\ & -\mu (mg - F_{mexi} \sin \alpha) = -F_{mexi} \cos \alpha \\ & \mu = \frac{F_{mexi} \cos \alpha}{mg - F_{mexi} \sin \alpha} \end{cases}$$

$$\mu = F \cos \alpha / (mg - F \sin \alpha) = 0,25$$

3.  $\mu = mg/F = 0,2$

**Задачи на применение второго закона Ньютона (система из нескольких тел):**

4.  $T = m_2 F / (m_1 + m_2) = 7200 \text{ Н}$

5.  $T_1 = F - T = 40 \text{ Н}$

**Задачи на применение второго закона Ньютона (движение по наклонной плоскости):**

6.  $t = \sqrt{2h / (g \sin \alpha (\sin \alpha - \mu \cos \alpha))} = 0,8 \text{ с}$

$\vec{F}_{mp} + m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a}$   
 $0x \left\{ \begin{array}{l} -F_{mp} + mg \sin d = ma \\ N - mg \cos d = 0 \end{array} \right.$   
 $F_{mp} = \mu N$   
 $N = mg \cos d$   
 $-F_{mp} = -mg \sin d + ma$   
 $\mu mg \cos d = ma - mg \sin d$   
 $a = g(\mu \cos d + \sin d)$   
 S - пройденной путь, находим из данных треугольника  $S = \frac{h}{\sin d}$   
 $S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a_x}$ , или  $S_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$   
 Известная буква + находимся во 2-м ур-ии  
 $S = \frac{a t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$   
 $t = \sqrt{\frac{2h}{\sin d g (\mu \cos d + \sin d)}}$

7.  $F_{тр} = (F_1 - F_2) / 2 = 3,5 \text{ Н}$

**Задачи на применение второго закона Ньютона (движение по окружности):**

8.  $T_H - T_B = 2mg = 10 \text{ Н}$

9.  $T = 2\pi \sqrt{l \sin \alpha / (g \tan \alpha)} = 1,42 \text{ с}$

$\vec{F}_H + m\vec{g} = m\vec{a}_y$   
 $0x \left\{ \begin{array}{l} F_H \sin d = ma_x \\ F_H \cos d - mg = 0 \end{array} \right.$   
 $0y \left\{ \begin{array}{l} F_H \sin d = ma_y \\ F_H \cos d = mg \end{array} \right.$   
 $\div \left\{ \begin{array}{l} \tan d = \frac{a_y}{g} \\ a_y = \frac{v^2}{R} \end{array} \right.$   
 где R - радиус окружности  
 $R = l \sin d$  (находим из треугольника)  
 $\tan d = \frac{v^2}{l \sin d g} \Rightarrow$   
 $v = \sqrt{\tan d l \sin d g}$   
 $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi \sqrt{l \sin d}}{\sqrt{\tan d g}}$   
 $T = \frac{6,28 \sqrt{1 \cdot 0,87}}{\sqrt{10 \cdot 9,8}} \approx 1,42 \text{ с}$   
 T - период вращения шарика



$$10. S = (m_2 - m_1)gt^2 / (2m_1 + 2m_2) = 25 \text{ м.}$$

**Задания на соответствие:**

1. 21
2. 221
3. 25
4. 13
5. 12
6. 21
7. 45
8. 45

**Задания с развернутым ответом:**

**Задача 1.**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Задачу будем решать в инерциальной системе отсчета, связанной с Землей.</li> <li>2. С помощью второго закона Ньютона, учитывая наличие силы Архимеда и силы натяжения нити для случая когда система погружена в жидкость (рис. а), получаем: <math>mg - T_1 - \rho g V = 0</math>, находим <math>T_1 = mg + \rho g V</math></li> <li>3. То же для случая, когда жидкость из сосуда вылита (рис.б) <ul style="list-style-type: none"> <li><math>mg - T_2 = 0</math>, находим <math>T_2 = mg</math></li> </ul> </li> <li>4. Изменение силы натяжения <math>\Delta T = T_2 - T_1 = mg - (mg + \rho g V) = -\rho g V</math></li> <li>5. <math>\Delta T = 900 \cdot 10 \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 0,9 \text{ Н}</math></li> </ol> <p>Ответ: увеличится на 0,9 Н</p>	
---	--

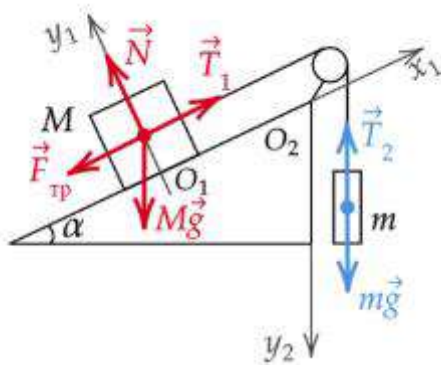
**Задача 2.**

**Обоснование**

1. Введем инерциальную систему отсчёта (ИСО) связанную с Землей.

2. Все тела движутся поступательно, поэтому их можно считать материальными точками.
3. Так как грузы являются материальными точками, то описывать их движение в ИСО будем, используя законы Ньютона.
4. Учитывая, что нить нерастяжима и невесома, блок идеальный, делаем вывод, что все тела движутся с одинаковым ускорением, силы натяжения, приложенные к телам, равны по модулю.

Решение.



Запишем второй закон Ньютона для тела массой  $M$

$$M\vec{g} + \vec{T}_1 + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N}_1 = M\vec{a}_1,$$

где  $T_1$  – сила натяжения нити,  $F_{\text{тр}}$  – сила трения,  $N_1$  – сила реакции опоры,  $a_1$  – ускорение тела.

Запишем второй закон Ньютона для тела массой  $m$

$$m\vec{g} + \vec{T}_2 = m\vec{a}_2,$$

где  $T_2$  – сила натяжения нити,  $a_2$  – ускорение тела.

Так как система находится в равновесии, то ускорение тел равно 0. Спроецируем второй закон Ньютона на введенные оси для каждого из тел

$$\begin{cases} O_1 x_1 & T_1 - Mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = 0 & (1) \\ O_1 y_1 & N - Mg \cos \alpha = 0 & (2) \\ O_2 y_2 & mg - T_2 = 0 & (3) \end{cases}$$

Так как нить невесомая и нерастяжимая, то  $T_1 = T_2$ , кроме того тело покоится, а значит  $F_{тр} \leq \mu N$

Тогда сложив (1) с (3) получим

$$mg - Mg \sin \alpha - F_{тр} = 0 \Rightarrow F_{тр} = mg - Mg \sin \alpha$$

Из (2):  $N = Mg \cos \alpha$

Так как  $F_{тр} \leq \mu N$ , то

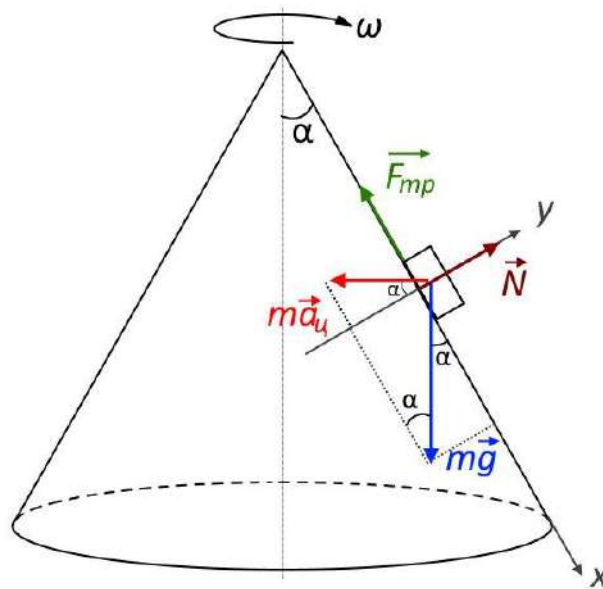
$$mg - Mg \sin \alpha \leq \mu Mg \cos \alpha$$

Выразим массу груза.

$$M \geq \frac{m}{(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} \geq \frac{1 \text{ кг}}{\left(0,5 + 0,2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}\right)} \geq 1,5 \text{ кг}$$

Ответ: 1,5 кг

### Задача 3.



Направим ось  $x$  вниз вдоль боковой поверхности конуса и перпендикулярно ей ось  $y$  - так будет удобно. Запишем второй закон Ньютона:

$$\begin{cases} x: mg \cos \alpha - F_{\text{тр}} = -ma_{\text{ц}} \sin \alpha \\ y: N - mg \sin \alpha = -ma_{\text{ц}} \cos \alpha \end{cases}$$

Здесь добавлю, что причиной движения тела по окружности является центростремительное ускорение. А причиной центростремительного ускорения являются сторонние силы (в нашем случае - часть вектора силы тяжести)

Вспомним, что центростремительное ускорение:

$$a_{\text{ц}} = \omega^2 R$$

Тогда получаем эти же уравнения...

$$\begin{cases} x: mg \cos \alpha - F_{\text{тр}} = -m\omega^2 R \sin \alpha \\ y: N - mg \sin \alpha = -m\omega^2 R \cos \alpha \end{cases}$$

Выразим из второго уравнения реакцию опоры:

$$N = mg \sin \alpha - m\omega^2 R \cos \alpha$$

Вспоминаем, что сила трения по закону Амонтона-Кулона:

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \sin \alpha - \mu m\omega^2 R \cos \alpha$$

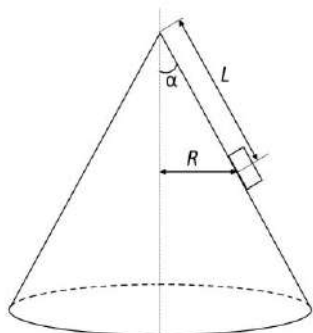
$$mg \cos \alpha - \mu mg \sin \alpha + \mu m\omega^2 R \cos \alpha = -m\omega^2 R \sin \alpha$$

$$g \cos \alpha - \mu g \sin \alpha = -\mu\omega^2 R \cos \alpha - \omega^2 R \sin \alpha$$

$$\mu g \sin \alpha - g \cos \alpha = \mu\omega^2 R \cos \alpha + \omega^2 R \sin \alpha$$

$$R = \frac{\mu g \sin \alpha - g \cos \alpha}{\mu\omega^2 \cos \alpha + \omega^2 \sin \alpha}$$

Теперь на нем я указал то самое расстояние  $L$ , которое необходимо найти и радиус вращения. Выразим одно через другое:



$$L = \frac{R}{\sin \alpha} = \frac{\mu g - g \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}}{\mu \omega^2 \cos \alpha + \omega^2 \sin \alpha} = \frac{g}{\omega^2} \cdot \frac{\mu - \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}}{\mu \cos \alpha + \sin \alpha}$$

$$L = \frac{g}{\omega^2} \cdot \frac{\mu - \operatorname{ctg} \alpha}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}$$

Это и есть ответ.