

# Инженерные науки

## Содержание

6-8 классы .....	2
1. Воздухоплавание.....	2
2. Термометр.....	6
3. Кальций в продуктах.....	8
4. Садовые улитки.....	10
9-10 классы .....	14
1. Чемодан на платформе.....	14
2. Пожарный шланг.....	16
3. Маятник.....	17
4. Метание снарядов.....	19

## 6-8 классы

## 1. Воздухоплавание.

Мальчик Алексей интересуется воздухоплаванием и восхищается первым человеком, совершивший полет в космос, летчиком-космонавтом СССР - Юрием Алексеевичем Гагариным. Лёша решил попробовать совершить свой первый воздушный полёт при помощи воздушных шариков. Для этого ему нужно купить в магазине воздушные шарики (сферические), которые в надутом состоянии имеют радиус 9 дюймов. Шарики накачивают газом, по лёгкости занимающим второе место после водорода. Сколько Алексею потребуется купить воздушных шариков, если известно, что масса Алексея  $m_1 = 30$  кг? Считать, что давление газа внутри шариков равно атмосферному, масса оболочки одного шарика равна  $m_{об} = 1$  г.

Требования к ответу:

Ответ представьте в виде числа, округлив до целого, без указания единиц измерений

Справочные материалы.

- В настоящее время под дюймом обычно подразумевают английский дюйм, в точности равный 2,54 см.
- Формула для вычисления объёма шара радиусом  $R$ :  $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ .
- На тело, погружённое в жидкость или газ, действует выталкивающая сила, равная весу жидкости или газа в объёме погружённой части тела.

Эта выталкивающая сила и называется силой Архимеда.

$$F_a = \rho g V, \text{ где}$$

$\rho$  — плотность жидкости или газа, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$V$  — объём части тела, погружённой в жидкость или газ, м<sup>3</sup>;

$F_A$  — сила Архимеда, Н

Период	Ряд	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В									
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
I	1	(H)						H <sup>1</sup> <sub>1,00797</sub> Водород	He <sup>2</sup> <sub>4,0026</sub> Гелий	<div>Обозначение элемента</div> <div>Атомный номер</div> <div>Литий</div> <div>Относительная атомная масса</div>	
II	2	Li <sup>3</sup> <sub>6,939</sub> Литий	Be <sup>4</sup> <sub>9,0122</sub> Бериллий	B <sup>5</sup> <sub>10,811</sub> Бор	C <sup>6</sup> <sub>12,01115</sub> Углерод	N <sup>7</sup> <sub>14,0067</sub> Азот	O <sup>8</sup> <sub>15,9994</sub> Кислород	F <sup>9</sup> <sub>18,9984</sub> Фтор	Ne <sup>10</sup> <sub>20,179</sub> Неон		
III	3	Na <sup>11</sup> <sub>22,9898</sub> Натрий	Mg <sup>12</sup> <sub>24,305</sub> Магний	Al <sup>13</sup> <sub>26,9815</sub> Алюминий	Si <sup>14</sup> <sub>28,086</sub> Кремний	P <sup>15</sup> <sub>30,9738</sub> Фосфор	S <sup>16</sup> <sub>32,064</sub> Сера	Cl <sup>17</sup> <sub>35,453</sub> Хлор	Ar <sup>18</sup> <sub>39,948</sub> Аргон		
IV	4	K <sup>19</sup> <sub>39,102</sub> Калий	Ca <sup>20</sup> <sub>40,08</sub> Кальций	Sc <sup>21</sup> <sub>44,956</sub> Скандий	Ti <sup>22</sup> <sub>47,90</sub> Титан	V <sup>23</sup> <sub>50,942</sub> Ванадий	Cr <sup>24</sup> <sub>51,996</sub> Хром	Mn <sup>25</sup> <sub>54,9380</sub> Марганец	Fe <sup>26</sup> <sub>55,847</sub> Железо	Co <sup>27</sup> <sub>58,9330</sub> Кобальт	Ni <sup>28</sup> <sub>58,71</sub> Никель
	5	Cu <sup>29</sup> <sub>63,546</sub> Медь	Zn <sup>30</sup> <sub>65,37</sub> Цинк	Ga <sup>31</sup> <sub>69,72</sub> Галлий	Ge <sup>32</sup> <sub>72,59</sub> Германий	As <sup>33</sup> <sub>74,9216</sub> Мышьяк	Se <sup>34</sup> <sub>78,96</sub> Селен	Br <sup>35</sup> <sub>79,904</sub> Бром	Kr <sup>36</sup> <sub>83,80</sub> Криптон		
V	6	Rb <sup>37</sup> <sub>85,47</sub> Рубидий	Sr <sup>38</sup> <sub>87,62</sub> Стронций	Y <sup>39</sup> <sub>88,905</sub> Иттрий	Zr <sup>40</sup> <sub>91,22</sub> Цирконий	Nb <sup>41</sup> <sub>92,906</sub> Ниобий	Mo <sup>42</sup> <sub>95,94</sub> Молибден	Tc <sup>43</sup> <sub>[99]</sub> Технеций	Ru <sup>44</sup> <sub>101,07</sub> Рутений	Rh <sup>45</sup> <sub>102,905</sub> Родий	Pd <sup>46</sup> <sub>106,4</sub> Палладий
	7	Ag <sup>47</sup> <sub>107,868</sub> Серебро	Cd <sup>48</sup> <sub>112,40</sub> Кадмий	In <sup>49</sup> <sub>114,82</sub> Индий	Sn <sup>50</sup> <sub>118,69</sub> Олово	Sb <sup>51</sup> <sub>121,75</sub> Сурьма	Te <sup>52</sup> <sub>127,60</sub> Теллур	I <sup>53</sup> <sub>126,9044</sub> Иод	Xe <sup>54</sup> <sub>131,30</sub> Ксенон		
VI	8	Cs <sup>55</sup> <sub>132,905</sub> Цезий	Ba <sup>56</sup> <sub>137,34</sub> Барий	La* <sup>57</sup> <sub>138,91</sub> Лантан	Hf <sup>72</sup> <sub>178,49</sub> Гафний	Ta <sup>73</sup> <sub>180,948</sub> Тантал	W <sup>74</sup> <sub>183,85</sub> Вольфрам	Re <sup>75</sup> <sub>186,2</sub> Рений	Os <sup>76</sup> <sub>190,2</sub> Осмий	Ir <sup>77</sup> <sub>192,22</sub> Иридий	Pt <sup>78</sup> <sub>195,09</sub> Платина
	9	Au <sup>79</sup> <sub>196,967</sub> Золото	Hg <sup>80</sup> <sub>200,59</sub> Ртуть	Tl <sup>81</sup> <sub>204,37</sub> Таллий	Pb <sup>82</sup> <sub>207,19</sub> Свинец	Bi <sup>83</sup> <sub>208,980</sub> Висмут	Po <sup>84</sup> <sub>[210]*</sub> Полоний	At <sup>85</sup> <sub>[210]</sub> Астат	Rn <sup>86</sup> <sub>[222]</sub> Радон		
VII	10	Fr <sup>87</sup> <sub>[223]</sub> Франций	Ra <sup>88</sup> <sub>[226]</sub> Радий	Ac** <sup>89</sup> <sub>[227]</sub> Актиний	Rf <sup>104</sup> <sub>[261]</sub> Резерфордий	Db <sup>105</sup> <sub>[262]</sub> Дубний	Sg <sup>106</sup> <sub>[263]</sub> Сибборгий	Bh <sup>107</sup> <sub>[262]</sub> Борий	Hs <sup>108</sup> <sub>[265]</sub> Хассий	Mt <sup>109</sup> <sub>[266]</sub> Мейтнерий	110
<div>Лантаноиды</div> <div>58 Ce<sup>140,12</sup> Церий 59 Pr<sup>140,907</sup> Празеодим 60 Nd<sup>144,24</sup> Неодим 61 Pm<sup>[147]*</sup> Прометий 62 Sm<sup>150,35</sup> Самарий 63 Eu<sup>151,96</sup> Европий 64 Gd<sup>157,25</sup> Гадолий 65 Tb<sup>158,924</sup> Тербий 66 Dy<sup>162,50</sup> Диспрозий 67 Ho<sup>164,930</sup> Гольмий 68 Er<sup>167,26</sup> Эрбий 69 Tm<sup>168,934</sup> Тулий 70 Yb<sup>173,04</sup> Иттербий 71 Lu<sup>174,97</sup> Лютеций</div> <div>Актиноиды</div> <div>90 Th<sup>232,038</sup> Торий 91 Pa<sup>[231]</sup> Протактиний 92 U<sup>238,03</sup> Уран 93 Np<sup>[237]</sup> Нептуний 94 Pu<sup>[244]</sup> Плутоний 95 Am<sup>[243]</sup> Америций 96 Cm<sup>[247]</sup> Кюрий 97 Bk<sup>[247]</sup> Берклий 98 Cf<sup>[251]*</sup> Калифорний 99 Es<sup>[254]</sup> Эйнштейний 100 Fm<sup>[257]</sup> Фермий 101 Md<sup>[257]</sup> Менделевий 102 No<sup>[259]</sup> Нобелий 103 Lr<sup>[260]</sup> Лоуренсий</div>											

- Таблица Менделеева
- Таблица плотностей  $\rho$  некоторых газов при нормальных условиях

Газ	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
Оксид углерода (IV) – углекислый газ	1,98
Кислород	1,43
Воздух	1,29
Азот	1,25
Природный газ	0,8
Водяной пар (при $t = 100^\circ\text{C}$ )	0,59
Гелий	0,18
Водород	0,09

### Возможное решение.

- Согласно таблице плотностей газов газ, по лёгкости занимающий второе место, – это гелий. Как следует из таблицы, его плотность равна  $\rho_{\text{гел}} = 0,18 \text{ кг/м}^3$ .
- На наполненные гелием шарики действуют следующие силы:
  - Сила тяжести со стороны мальчика  $m_1 g$  (здесь  $g$  – ускорение свободного падения);

- Сила тяжести со стороны оболочек шариков ( $n \cdot m_{об} \cdot g$ ), где  $n$  – число шариков;
- Сила тяжести, действующая на гелий, заключённый в оболочки шариков:  $n \cdot \rho_{гел} \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot g$ ;
- Сила Архимеда, действующая со стороны воздуха, плотность которого можно найти из таблицы (она равна  $\rho_{возд} = 1,29 \text{ кг/м}^3$ ).
- Сила Архимеда направлена противоположно силам тяжести, действующим на мальчика, оболочки шариков и гелий, заключённый внутри шариков. Она равна:  $F_A = n \cdot \rho_{возд} g \frac{4}{3} \pi R^3$

3. Чтобы мальчик Алексей взлетел должно выполняться условие:

$$n \cdot \rho_{возд} g \frac{4}{3} \pi R^3 > (m_1 + n \cdot m_{об} + n \cdot \rho_{гел} \cdot \frac{4}{3} \pi R^3) g$$

Сокращая с обеих сторон неравенства ускорение свободного падения  $g$  и проведя необходимые преобразования, получаем, что

$$n > \frac{m_1}{(\rho_{возд} - \rho_{гел}) \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 - m_{об}}$$

Подставляя числовые данные  $m_1 = 30 \text{ кг}$ ,  $R = 22,86 \text{ см} = 22,86 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ , получаем, что

$$n > \frac{30}{(1,29 - 0,18) \cdot \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (22,86 \cdot 10^{-2})^3 - 0,001}$$

$$n > 550,156 \text{ шариков.}$$

Значит, для полёта мальчика необходимо купить минимум 551 воздушных шариков.

Ответ: 551.

### Критерии

1. Ответ верный, но решения нет (в загруженном файле решение отсутствует) — 5 баллов.
2. Приведены силы, действующие на наполненные гелием шарики- 5 баллов.

- 3. Описано условие, при котором мальчик будет взлетать— 4 балла.
  - 3. Определен объем шарика и масса — 3 балла.
  - 4. Приведены рассуждения о влиянии массы гелия и массы оболочек шариков на результат —3 балла
  - 4 Проведены расчеты и получен верный ответ — 10 баллов.
- Максимум баллов за эту задачу: 30 баллов.**

## 2. Термометр.



Во время болезни зачастую поднимается температура, свидетельствующая, например, о каких-то воспалительных процессах или о том, что организм борется с недугом. В наше время большинство людей пользуются термометром (градусником). По принципу измерения существует несколько видов термометров: электронные, газовые, инфракрасные, механические, жидкостные и др. Сегодня ученые не могут назвать имя человека, который изобрел термометр, поскольку над этим вопросом одновременно работали сразу несколько ученых. Для изготовления медицинских термометров использовалась ртуть. Длина капилляра в термометре составляет  $l=120$  мм, диаметр капилляра – 0.8 мм.

- 1) Какая минимальная капля (масса) ртути необходима для создания такого термометра?
- 2) Почему при нагреве ртуть в капилляр выходит, а потом после остывания обратно в нижнюю емкость не уходит. Почему градусник приходится встряхивать?

### Требования к ответу:

В ответ укажите только полученную массу в граммах без единиц измерения, округлив результат до тысячных. Полное решение и рассуждения оформите в файле и загрузите.

### Справочные материалы.

- Плотность ртути  $\rho$  при  $42^\circ\text{C}$  –  $13.4918 \text{ г/см}^3$

### **Возможное решение:**

1. Найдем объем капилляра:  $V=S \cdot l = \pi \cdot 0,25 \cdot D^2 \cdot l$  в  $\text{мм}^3$

Поскольку плотность ртути указана в  $\text{г/см}^3$ , необходимо перевести объем в  $\text{см}^3$ .

2. Итоговая формула для нахождения массы:

$$m = \frac{\pi D^2 l}{4} \rho = \frac{3,14 * 0,08 * 0,08 * 12}{4} * 13,4918 = 0,814 \text{ г.}$$

3. Градусник представляет из себя герметичную трубку, которая соединена с колбой-резервуаром, в которой находится ртуть. Соединения трубки с резервуаром выполнено в виде капилляра-сужения. При измерении температуры человека, резервуар с ртутью при контакте с кожей нагревается. При этом ртуть расширяется и поднимается по трубке. При охлаждении ртути получается так, что в самом узком месте, месте соединения трубки и резервуара, ртуть разрывается и поверхностное натяжение не позволяет ртути стечь обратно в резервуар, т.е. поверхностное натяжение превалирует над силой тяжести ртути в сужении. Для того, чтобы ртуть вернулась обратно в резервуар, нужно встряхнуть градусник.

Ответ: 0.814.

### Критерии

1. Ответ верный, но решения нет (в загруженном файле решение отсутствует) — 5 баллов.
2. Описаны правильно формулы и верна логика — 2 балла.
3. Приведены верные рассуждения о том, почему нужно встряхивать градусник — 3 балла.
4. Проведены расчеты и получен верный ответ — 10 баллов.

**Максимум баллов за эту задачу: 20 баллов.**

### 3. Кальций в продуктах.



Гипокальциемия – это снижение содержания кальция в крови. Кальций относится к микроэлементам, жизненно необходимым для организма человека. Подросткам 11-17 лет необходимо в день употреблять  $n=1100$  мг кальция. Известно, что в 100 г творога содержится 120 мг кальция, в 100 г сыра чеддер или моцареллы 900 мг кальция, а в 100 г брокколи 47 мг кальция. Родители 12-летней Вероники очень следят за правильным питанием их дочери и рассчитывают норму КБЖУ, а также ежедневное потребление кальция.

По рекомендациям родителей ежедневно Вероника съедает по 1 порции творога и сыра, а также 2 порции брокколи на обед.

На сколько процентов отличается значение потребления кальция Вероники за осень 2023 года, если она будет питаться по рекомендациям родителей от нормального значения необходимого потребления кальция для подростков 11-17 лет?

#### Справочные материалы.

1 порция творога= 100г, 1 порция брокколи= 100 г, 1 порция сыра= 100 г.

#### Требования к ответу:

В ответ запишите только число, округленное до десятых.

#### **Возможное решение:**

1. За 3 месяца (91 день) осени 2023г необходимо получить  $1100 \cdot 91 = 100100$  мг кальция
2. Вероника по рекомендациям родителей съедает  $120 + 900 + 2 \cdot 47 = 1114$  мг в день, а за 3 мес  $= 1114 \cdot 91 = 101374$  мг.
3. Составим пропорцию:



$$100100 - 100\%$$

$$(101374-100100) - x\%$$

$$X=(1274*100)/100100=1,274\%=1,3\%$$

Итоговая формула:

$$x = \frac{(91*1114-91n)}{91n} * 100 .$$

Ответ: 1.3.

### Критерии

1. Ответ верный, но решения нет (в загруженном файле решение отсутствует) — 5 баллов.
2. Проведены расчеты необходимого потребления кальция для подростков за 3 месяца осени 2023 — 2 балла.
3. Проведены расчеты потребления кальция Вероники, питаюсь по рекомендациям родителей за 3 месяца осени 2023 — 5 баллов.
4. Составлена пропорция — 3 балла.
5. Проведены расчеты и получен верный ответ — 10 баллов.

**Максимум баллов за эту задачу: 25 баллов.**

## 4. Садовые улитки.



Две одинаковые маленькие улитки вида *Helix Aspersa* (садовые улитки) сидят на противоположных концах однородной горизонтальной соломинки (см.рис.), масса которой равна массе одной улитки. Соломинка лежит симметрично на двух точечных опорах, между которыми находится  $1/n$ -я часть стержня ( $n = 3$ ). Левая улитка ползёт по стержню со скоростью  $v_1 = 3$  мм/с. Скорость  $v_2$  правой улитки больше скорости  $v_1$ . При каком максимальном значении скорости второй улитки соломинка не опрокинется к моменту встречи улиток?

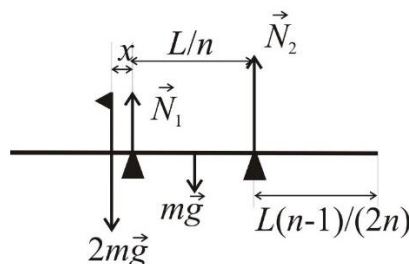
Справочные материалы.

Момент  $M$  силы - это физическая величина, равная произведению модуля силы  $F$  на её плечо  $l$ :  $M=Fl$ . Плечом силы называют кратчайшее расстояние от оси вращения до линии действия силы.

Условие равновесия тела: Алгебраическая сумма моментов всех действующих сил равна нулю :  $M_1+M_2+...M_N=0$

Требования к ответу:

В ответ запишите число, округленное до десятых.

**Возможное решение:**

1. Стержень будет находиться в равновесии, если алгебраическая сумма моментов сил, действующих на него, равна нулю:

$$F_1 \cdot l_1 + F_2 \cdot l_2 + F_3 \cdot l_3 + F_4 \cdot l_4 = 0$$

- Если улитки встречаются на серединном отрезке между левой и правой опорами, то соломинка не будет опрокидываться ни при каком значении скорости второй улитки.
  - Если улитки встречаются слева от левой опоры или справа от правой опоры, то соломинка может опрокинуться.
  - Максимальная скорость второй (правой) улитки будет достигаться в тех случаях, когда улитки встретятся слева от левой опоры.
2. Пусть улитки встретились в некоторой точке слева от левой опоры. Обозначим через  $x$  расстояние от левой опоры до места встречи улиток (см. рисунок).
3. На стержень действуют силы:
- сила тяжести самой соломинки, равная  $F_1 = mg$ ;
  - сила давления на соломинку со стороны встретившихся улиток, равная  $F_2 = 2mg$ ;
  - сила реакции левой опоры, равная  $F_3 = N_1$ ;
  - сила реакции правой опоры, равная  $F_4 = N_2$ .
4. Запишем правило моментов сперва относительно левой опоры, затем относительно правой опоры.
- 1) Относительно левой опоры:

$$2mgx - mg \frac{L}{2n} + N_2 \cdot \frac{L}{n} = 0 \quad (1)$$

Здесь  $L$  – длина всего стержня,  $n = 3$

- 2) Относительно правой опоры:

$$2mg \left( \frac{L}{n} + x \right) + mg \frac{L}{2n} - N_1 \cdot \frac{L}{n} = 0 \quad (2)$$

В момент опрокидывания стержня либо  $N_1 = 0$ , либо  $N_2 = 0$ .

5. Для нашего случая нахождения максимальной скорости второй улитки мы должны рассмотреть условие  $N_2 = 0$ .

Если  $N_2 = 0$ , то из (1) следует, что

$$2mgx - mg \frac{L}{2n} = 0, \text{ откуда находим } x:$$

$$x = \frac{L}{4n}. \quad (3)$$

6. Так как улитки ползут до встречи одно и то же время, причём первая (левая) улитка проползает расстояние  $\frac{L(n-1)}{2n} - x$ , а вторая улитка проползает расстояние  $\frac{L(n-1)}{2n} + \frac{L}{n} + x$ , то равенство времён движения улиток с учётом (3) запишется как

$$\frac{\left(\frac{2n-3}{4n}\right) \cdot L}{v_1} = \frac{\left(\frac{2n+3}{4n}\right) \cdot L}{v_2} \quad (4)$$

7. Окончательно получаем:

$$v_2 = v_1 \left( \frac{2n+3}{2n-3} \right) \quad (5)$$

Отсюда находим скорость второй (правой) улитки для случая  $n = 3$ :

$$v_2 = v_1 \frac{2 \cdot 3 + 3}{2 \cdot 3 - 3} = 3v_1 = 3 \cdot 3 = 9 \quad (\text{мм/с})$$

Для тех, кто рассматривает сразу случай  $n = 3$ .

При  $n = 3$  равенство (4) перепишется как:

$$\frac{L/4}{v_1} = \frac{3L/4}{v_2},$$

Откуда находим  $v_2$ :

$$v_2 = v_1 \frac{3L/4}{L/4} = 3v_1 = 3 \cdot 3 = 9 \quad (\text{мм/с})$$

Таким образом, максимальная скорость улитки будет равна 9 мм/с.

Ответ: 9.

## Критерии

1. Ответ верный, но решения нет (в загруженном файле решение отсутствует) — 5 баллов.
2. Составлено условие равновесия — 5 баллов.
3. Выражены формулы для нахождения времени движения улиток — 5 баллов.
4. Получена формула для нахождения максимальной скорости движения улитки 2 — 5 баллов.
5. Проведены расчеты и получен верный ответ — 5 баллов.

**Максимум баллов за эту задачу: 25 баллов.**

## 9-10 классы

## 1. Чемодан на платформе.

В небольшом городке «Инженерия» построили аэропорт для гостей фестиваля науки. Аэропорт строили опытные строители и запустили его ровно к открытию фестиваля. Гости фестиваля не упустили возможность воспользоваться самолетом и привезли с собой большие чемоданы. Гости прибывали «наплывами» и ближе к вечеру один из гостей уронил свой чемодан. Чемодан этого гражданина падал вертикально со скоростью  $u = 10$  м/с на тяжелую ленту (горизонтальную платформу), движущуюся со скоростью  $v = 1$  м/с. При каком наименьшем коэффициенте трения чемодан не будет скользить по платформе?

Силой тяжести чемодана по сравнению с возникающей нормальной силой реакции можно пренебречь. Считать также, что чемодан не отскакивает от платформы.



Требования к ответу:

Ответ представьте в виде числа без указания единиц измерения.

**Возможное решение:**

1. В пренебрежении силой тяжести при контакте груза с платформой (из-за малого времени набора скорости груза при трении о платформу) на него действуют нормальная сила реакции и сила трения, между которыми справедливо соотношение:  $F_{\text{тр}} \leq \mu N$  причем знак равенства достигается при скольжении.

2. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси:

$$m\Delta v_x = F_{\text{тр}} dt \leq \mu N \Delta t,$$

$$m\Delta v_y = N \Delta t$$

откуда

$$\Delta v_x \leq \mu \Delta v_y$$

3. Так как скорость груза по  $x$  менялась от нуля до  $v$ , а по  $y$  – от  $-u$  до нуля, то проскальзывание будет отсутствовать при условии:

$$\mu > \frac{v}{u}$$

откуда искомое значение  $\mu_{\min} = 0.1$  при  $v=1$ .

Ответ: 0.1

### Критерии

1. Ответ верный, но решения нет (в загруженном файле решение отсутствует) — 5 баллов.
2. Записан критерий отсутствия проскальзывания — 5 баллов.
3. Применение второго закона Ньютона — 7 баллов.
4. Выполнено суммирование изменений импульса вдоль нормали и касательной — 8 баллов.

**Максимум баллов за эту задачу: 25 баллов.**

## 2. Пожарный шланг.

Пожарник Василий приехал со своей бригадой на вызов, в этот раз горел торговый центр. Василий был очень смелый и сразу бросился тушить пожар. Струя воды бьет из пожарного шланга с площадью поперечного сечения  $S=10 \text{ см}^2$  под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту. Определите площадь поперечного сечения струи в ее верхней точке.



### Требования к ответу:

Площадь поперечного сечения струи представьте в виде числа без указания единиц измерения.

### **Возможное решение:**

1. Так как количество воды, проходящее через любое сечение струи в единицу времени, одинаково для любого сечения, то

$$Sv_0 = S'v$$

2. Скорость струи в верхней точке горизонтальна и равна  $v_0 \cos \alpha$ . Отсюда получаем

$$S' = \frac{S}{\cos \alpha} = 20 \text{ см}^2. \text{ (при } S=10)$$

Ответ: 20.

### **Критерии.**

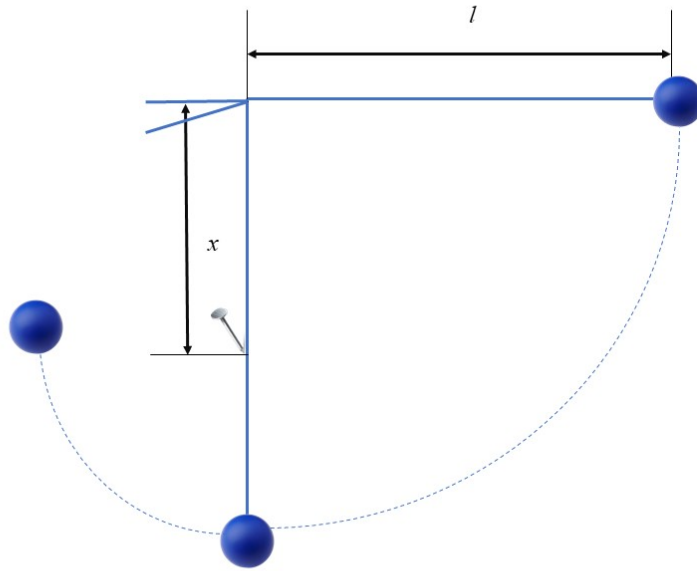
1. Ответ верный, но решения нет (в загруженном файле решение отсутствует) — 5 баллов.
2. Записан закон сохранения потока — 2 балла.
3. Записан закон сохранения горизонтальной скорости — 3 балла.
4. Выполнены все пункты и получен правильный численный ответ — 5 баллов.

**Максимум баллов за эту задачу: 15 баллов.**



### 3. Маятник.

Неупругая легкая нить длиной  $l = 1$  м с маленьким шариком прикреплена к стене и образует маятник. Под точкой подвеса вбили гвоздь на расстоянии  $x < l$  от нее и отвели маятник до горизонтального положения нити (см. рис.). Трение шарика о стену отсутствует. При каком минимальном  $x$  нить в процессе движения шарика все время будет оставаться натянутой?



#### Требования к ответу:

Представьте ответ в виде числа, округлив до сотых, без указания единиц измерения.

#### **Возможное решение:**

1. По закону сохранения энергии скорость шарика в верхней точке траектории после касания нити с гвоздем равна

$$v = \sqrt{2g(2x - l)}$$

2. Чтобы нить в этой точке оставалась натянутой, необходимо, чтобы

$$m \frac{v^2}{l - x} \geq mg$$

3. Из двух уравнений получаем  $x_{\min} = \frac{3}{5}l = 0.6$  м.

Ответ: 0.6.

#### **Критерии**

1. Ответ верный, но решения нет (в загруженном файле решение отсутствует) — 5 баллов.

2. Правильно записан и использован закон сохранения энергии для вычисления значения скорости в верхней точке — 7 баллов.
  3. Использован второй закон Ньютона для верхней точки — 8 баллов
  4. Выполнен анализ – при минимальной скорости сила натяжения в верхней точке равна нулю —5 баллов
  5. Выполнены все пункты и получен правильный численный ответ —5 баллов.
- Максимум баллов за эту задачу: 30 баллов.**

#### 4. Метание снарядов.

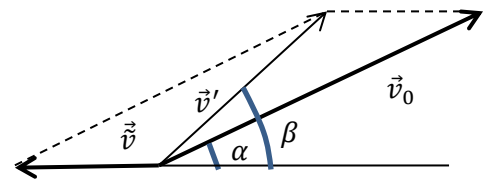
Дети устроили турнир по метанию снарядов из пушек. Для этого каждый ребенок сконструировал свою пушку и принес снаряды. Масса пушки в  $k=200$  раз больше массы ее снаряда. Если пушка не закреплена, то она стреляет с откатом. На сколько процентов увеличится дальность выстрела, если пушку жестко закрепить?

Требования к ответу:

Ответ представьте в виде числа, округлив до тысячных, без указания %.

##### Возможное решение:

1. Обозначим  $\vec{v}_0$  – скорость снаряда относительно пушки,  $\vec{v}'$  – скорость снаряда относительно земли при незакрепленной пушке,  $\vec{v}$  – начальная скорость отката пушки.



2. Закон сохранения импульса в СО, связанной с землей, в проекции на горизонтальную ось имеет вид ( $k = \frac{M}{m}$ ):

$$k\tilde{v} = v' \cos \beta$$

Проектирование векторов скорости на вертикальную и горизонтальную оси дает:

$$v' \sin \beta = v_0 \sin \alpha$$

$$v' \cos \beta + \tilde{v} = v_0 \cos \alpha \rightarrow \left(1 + \frac{1}{k}\right) v' \cos \beta = v_0 \cos \alpha$$

Здесь  $\alpha$  – угол наклона ствола,  $\beta$  – угол, под которым вылетает снаряд относительно земли. Очевидно,  $\beta > \alpha$  за счет отката пушки.

3. Используем формулу дальности полета для двух случаев:

$$L_0 = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha, \quad L' = \frac{v'^2}{g} \sin 2\beta$$

4. Поделив одно на другое, получаем, записав результат в виде:

$$\frac{L_0}{L'} = \frac{v_0 \sin \alpha}{v' \sin \beta} \cdot \frac{v_0 \cos \alpha}{v' \cos \beta} = 1 + \frac{1}{k} = 1,005$$

Таким образом, дальность увеличится на 0,5 процентов независимо от угла выстрела.

Ответ: 0.5.

##### Критерии.

1. Ответ верный, но решения нет (в загруженном файле решение отсутствует) — 5 баллов.
  2. Записан закон сохранения импульса в проекции на горизонтальную ось — 5 баллов.
  3. Записаны проекции векторов скорости на вертикальную и горизонтальную — 5 баллов.
  4. Приведена формула дальности полета для двух случаев — 5 баллов
  3. Получена итоговая формула для расчетов — 5 баллов.
  4. Выполнены все пункты и получен правильный численный ответ — 5 баллов.
- Максимум баллов за эту задачу: 30 баллов.**