***Министерство общего и профессионального образования Ростовской области***

***II ЭТАП ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ по ФИЗИКЕ 2022-23 гг***

**7 класс**

**Задача № 1. *Средняя скорость спортсмена***

Спортсмен на тренировках пробежал половину дорожки со скоростью *υ*1 = 8 км/ч, а вторую прошел пешком со скоростью *υ*2 = 4 км/ч. Найти его среднюю скорость на всем пути.

***Возможное решение***

1. Средняя скорость спортсмена





1.  км/ч

**Ответ:** 5,33 км/ч

***Критерии оценивания***

За 1-й пункт – 2 балла

За 2-й пункт – 6 баллов

За 3-й пункт – 2 балла

Если задача не решена, но приведены некоторые идеи по существу условия задачи, можно поставить до 2 баллов в качестве поощрения.

**Задача № 2. *Пластинка в воде***

Найти толщину квадратной медной пластинки (сторона *a* квадрата равна 3 см). Известно, что если пластинку опустить в кружку, доверху наполненную водой, выльется 9 граммов воды. Плотность воды равна 1 г/см3.

***Возможное решение***

1. Объем выливающейся воды *V*в = *m*в/*ρ*в = 9/1 = 9 см3.
2. Этот объем займет пластинка. Он равен *V*м = *a*2⋅*h*.
3. Приравняв объемы, найдем

см.

**Ответ:** 1 см.

***Критерии оценивания***

За 1-й пункт – 3 балла

За 2-й пункт – 3 балла

За 3-й пункт – 4 балла

Если задача не решена, но приведены некоторые идеи по существу условия задачи, можно поставить до 2 баллов в качестве поощрения.

**Задача № 3. *Встреча на тропинке***

Мальчик с родителями гуляет в парке. Родители идут навстречу друг другу с противоположных концов тропинки длиной *L* = 420 метров, причем, мама идет со скоростью *υ*1 = 1,2 м/с, а папа – со скоростью *υ*2 = 1,6 м/с. Мальчик бегает между ними, не останавливаясь и каждый раз, добегая до мамы или папы, хлопает их по руке. Скорость мальчика *υ*3 = 2,5 м/с. Какое расстояние *s* пробежит мальчик до момента их встречи?

***Возможное решение***

1. Родители приближаются друг к другу со скоростью, равной *υ* = *υ*1 +*υ*2 = 2,8 м/с.
2. Расстояние *L* = 420 метров они пройдут за время *t* = *L*/*υ* = 420:2,8 = 150 секунд.
3. За это время мальчик пробежит путь, равный

*s* = *υ*3⋅*t* = 2,5⋅150 = 375 м.

**Ответ:** 375 м.

***Критерии оценивания***

За 1-й пункт – 3 балла

За 2-й пункт – 4 балла

За 3-й пункт – 3 балла

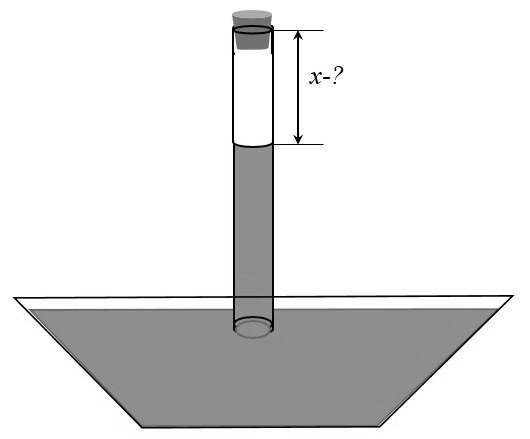
Если задача не решена, но приведены некоторые идеи по существу условия задачи, можно поставить до 2 баллов в качестве поощрения.

**Задача № 4. *Самодельный барометр***

Трубку длиной *L* = 1 метр, один конец которой завинчен пробкой, наполнили ртутью. Учитель опустил трубку открытым концом в кювету со ртутью, медленно поворачивая трубку – так, чтобы до погружения открытого конца в кювету ртуть не выливалась из трубки, и привел ее в вертикальное положение (см. рис.) закрытым концом вверх. Часть ртути при этом перетекла в кювету. Открытый конец погружен в ртуть чуть ниже ее поверхности. Найти расстояние *x* между пробкой и верхним уровнем ртути в трубке. Плотность ртути *ρ*рт =13,6 г/см3. Атмосферное давление *p0* = 105 Па, ускорение свободного падения *g* ≈ 10 м/с2.

***Возможное решение***

1. На свободную поверхность ртути в кювете атмосфера оказывает давление, равное *p0*. Поскольку согласно закону Паскаля, оно не зависит от направления, такое же давление передается на нижний край трубки. Изнутри трубки оно уравновешивается давлением столбика высотой *h* оставшейся в трубке ртути: *p0* =*ρ*рт*gh*,

****

1. Отсюда 
2. Тогда *x* = *L* − *h* = 0,265 м, или 26,5 см.

**Ответ:** 26,5 см.

***Критерии оценивания***

За 1-й пункт – 3 балла

За 2-й пункт – 4 балла

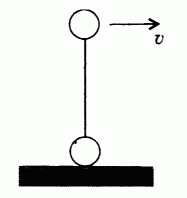
За 3-й пункт – 3 балла

Если задача не решена, но приведены некоторые идеи по существу условия задачи, можно поставить до 2 баллов в качестве поощрения.

**8 класс**

**Задача № 1. *Шарики на стержне***

Два одинаковых массивных шарика, соединенных жестким невесомым стержнем, расположили на гладком столе так, как показано на рисунке. Верхний шарик ударяют так, что он приобретает горизонтально направленную скорость *υ*. Найти максимальную длину стержня, при которой нижний шарик после удара сразу оторвется от стола.



***Возможное решение***

1. Горизонтально направленный удар вызовет вращение вокруг центра масс системы, который начнет поступательное движение, имея скорость *υ*/2. Поскольку нижний шарик перестает опираться о поверхность стола, на систему будет действовать единственная сила – сила тяжести. Она сообщает каждому из шариков ускорение свободного падения *g*.
2. Поэтому для того, чтобы нижний шарик оторвался от поверхности стола, его центростремительное ускорение должно превысить по значению *g*.
3. В системе отсчета, связанной с центром масс (серединой стержня), каждый из шариков имеет скорость *υ*/2, при этом они направлены противоположно.
4. Центростремительное ускорение равно

, где *L* – длина стержня.

5. Нижний шарик оторвется от поверхности стола, если *a*ц.с. ≥ *g*, т.е., при

*L* ≤ υ2/(2*g*).

**Ответ:**  *Lmax* = υ2/(2*g*)

***Критерии оценивания***

За 1-й пункт – 2 балла

За 2-й пункт – 2 балла

За 3-й пункт – 2 балла

За 4-й пункт – 2 балла

За 5-й пункт – 2 балла

Если задача не решена, но приведены некоторые идеи по существу условия задачи, можно поставить до 2 баллов в качестве поощрения.

**Задача № 2.  *Лодка с водометом***

Моторная лодка снабжена водометным двигателем, который забирает забортную воду и выбрасывает назад струю со скоростью *υ1* = 22 м/с относительно лодки. Площадь поперечного сечения струи *S* = 0,02 м2. Найти скорость *υ2* лодки. Сила сопротивления воды пропорциональна квадрату скорости, *Fсоп*р = *Dυ*2, где коэффициент сопротивления *D* = 8 кг/м.

***Возможное решение***

1. Масса Δ*mв* забираемой, а затем выбрасываемой воды равна произведению плотности воды на объем части струи – «водяного цилиндра» сечением *S* и длиной *υ1* ⋅Δ*t*, т.е., Δ*mв* = *ρ⋅S*⋅*υ1* ⋅Δ*t*, за секунду эта перемещаемая масса равна Δ*mв*/Δ*t* = *ρ⋅S*⋅*υ1*.
2. Лодка идет навстречу забираемой воде, поэтому в двигателе вода приобретает скорость *υ2* лодки, и водомет, согласно 3-му закону Ньютона, действует на лодку с тормозящей силой, равной отношению приращения импульса Δ*P* порции воды ко времени:

*F1* = Δ*P*/Δ*t* = *υ2*⋅(Δ*mв* /Δ*t*) = −*ρ⋅S*⋅*υ1υ2*

1. При отбрасывании струи назад со скоростью *υ1* возникает сила тяги

*F2* = Δ*P*′*в*/Δ*t* = *ρ⋅S*⋅*υ12*

1. Результирующая сила *F = F1 + F2* = *ρ⋅S*⋅*υ1*(*υ1* − *υ2*), и она равна силе сопротивления (поскольку лодка движется с постоянной скоростью):

*ρ⋅S*⋅*υ1*(*υ1* − *υ2*) = *Dυ*22. Обозначим *υ2* = *x*. Тогда

1000⋅0,02⋅22⋅(22 – *x*) = 8*x*2.

5. Решая полученное квадратное уравнение, найдем

*υ2* = *x* ≈ 16,8 м/с ≈ 61 км/ч (второй корень − отрицательный −не учитываем).

**Ответ:** 61 км/ч

***Критерии оценивания***

За 1-й пункт – 2 балла

За 2-й пункт – 2 балла

За 3-й пункт – 2 балла

За 4-й пункт – 2 балла

За 5-й пункт – 2 балла

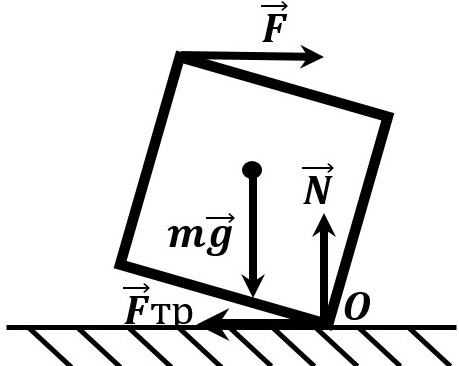
Если задача не решена, но приведены некоторые идеи по существу условия задачи, можно поставить до 2 баллов в качестве поощрения.

**Задача № 3.  *Опрокидывание ящика***

На полу стоит ящик массой *m* в форме куба. Какую минимальную силу, направленную горизонтально, к нему нужно приложить, чтобы опрокинуть его через ребро на грань, наиболее удаленную от точки приложения силы? Какие значения при этом должен принимать коэффициент трения?

***Возможное решение***

1. Когда к ящику прикладывается сила *F*, линия действия силы *N* – силы реакции опоры, смещается в сторону точки *О*. В момент опрокидывания эта линия проходит через точку *О*, и момент силы *N* становится равным 0.



2. Опрокидывание произойдет, если момент *MF* приложенной силы *F* будет не меньше момента *Mmg* силы тяжести, т.е., *F⋅a* ≥ *mg⋅a*/2, где *a* – длина ребра куба-ящика. Отсюда минимальное значение силы *F*:

*F =*  *mg*/2.

3. Для опрокидывания необходимо, чтобы при *F =*  *mg*/2 ящик еще не начал скользить по плоскости. Т.е., должно выполняться неравенство

*mg*/2 ≤ *F*тр max *= μmg*,

4. Отсюда *μ* ≥ 0,5.

**Ответ:** *mg*/2 ; *μ* ≥ 0,5.

***Критерии оценивания***

За 1-й пункт – 3 балла

За 2-й пункт – 3 балла

За 3-й пункт – 3 балла

За 4-й пункт – 1 балл

Если задача не решена, но приведены некоторые идеи по существу условия задачи, можно поставить до 2 баллов в качестве поощрения.

**Задача № 4.** ***Мокрый холодильник***

В сосуд налили 400 мл воды при температуре t1 = 17° С, а затем опустили туда снежок массой 50 граммов при температуре 0°С. Спустя некоторое время снежок полностью растаял, и температура воды стала равной 12°С. Найти массовую долю воды в снежке. Теплоемкость сосуда 160 Дж/К. Потерями теплоты пренебречь.

***Возможное решение***

1. Обозначим: массу воды – *mв*, теплоемкость воды − *cв*, теплоемкость сосуда − *C*, начальную температуру воды − *t1*, конечную − *t*, температуру снежка − *tсн*, массу снежка − *mсн*, массу сухого снега (льда) *mл*, массу воды в снежке − *x*, удельную теплоту плавления сухого снега (льда) − *λ*. Запишем уравнение теплового баланса *Qпогл = Qвыд*, т.е., λ*mл* + *cвmл* (*t – tсн*) = (C + *cвmв*)(*t1 – t*),

2. Отсюда

*mл* = [(C + *cвmв*)(*t1 – t*)]/( λ + *cвmлt* ) = (160 + 4200⋅0,4)⋅(17 – 12)/(330⋅103 + 4,2⋅12) = 9,4/380,4 ≈ 0,024 кг.

3. Тогда масса воды в снежке *x* = *mсн* − mл = 0,026 кг.

4. Ее массовая доля *x/mсн* = 0,52.

**Ответ:** 52 %

***Критерии оценивания***

За 1-й пункт – 3 балла

За 2-й пункт – 3 балла

За 3-й пункт – 2 балла

За 4-й пункт – 2 балла

Если задача не решена, но приведены некоторые идеи по существу условия задачи, можно поставить до 2 баллов в качестве поощрения.

**9 класс**

**Задача № 1. *Сторожевые вышки***

В древности у многих народов существовали сигнальные системы – линии сторожевых вышек, на которых при обнаружении подхода неприятельских войск зажигались костры. Приняв высоту вышек равной 12 м, оцените максимальное расстояние *S* между вышками на открытой равнинной местности, при котором сигнал будет передаваться с вышки на вышку.

***Возможное решение***

1. Обозначим радиус Земли *R*, высоту одной из башен – *h*, и расстояние между верхней точки башни и точкой на видимом горизонте – *d*.

|  |  |
| --- | --- |
| Картинки по запросу дальность световых сигналов над горизонтом | Из рисунка видно, что половина искомого расстояния *d* может быть вычислена по теореме Пифагора:  *d2 = (R+h)2 – R2* |

1. Поскольку слагаемое *h2* много меньше и *R2*, и 2*Rh*, им можно пренебречь *d2 = (R+h)2 – R2 ≈ 2Rh* .
2. Тогда *S=2d*≈ 2⋅(2⋅6,4⋅106⋅12)1/2 ≈ 24790 м, или около 25 км.

**Ответ:** 25 км.

***Критерии оценивания***

За 1-й пункт – 4 балла

За 2-й пункт – 3 балла

За 3-й пункт – 3 балла

В том случае, когда приближение (п. 2) не проведено, но вычисление привело к верному значению, пункт 2 не оценивается, а за 3-й пункт, выполненный по точной формуле

,

добавляется 1 балл.

Если задача не решена, но приведены некоторые идеи по существу условия задачи, можно поставить до 2 баллов в качестве поощрения.

**Задача № 2. *Пластина на струях***

Фанерная пластина массы *m* = 2 кг, удерживается в воздухе 5 струями воды, бьющими вертикально вверх из трубок, имеющих сечение *S0*  = 2 см2. Скорость воды на выходе из трубок равна *υ0* = 5 м/c. Достигая пластины, вода разлетается от нее в горизонтальной плоскости. На какой высоте над трубками удерживается пластина? Плотность воды *ρ* = 1000 кг/м3. Сопротивлением воздуха пренебречь.

***Возможное решение***

1. Одна струя ударяет о пластину с силой

*F1 =* Δ*p/*Δ*t =* Δ*m⋅υ/*Δ*t =ρ* Δ*V⋅υ/*Δ*t =ρS(υ*Δ*t)⋅υ/*Δ*t= ρυ2S*,

где *S* − площадь горизонтального сечения струи, а *υ* − ее скорость на искомой высоте *h*.

2. Сила давления *N* струй, очевидно, равна *F* = *NF1*.

3. В равновесии

*mg = F = N ρυ2S = N ρυυ0S0,*

поскольку из условия неразрывности струи следует, что *υS = υ0S0*.

1. Из кинематического рассмотрения имеем

*υ2 = υ02 – 2gh.*

1. Решая совместно эти уравнения, получаем

 м

**Ответ:** 0,45 м.

***Критерии оценивания***

За 1-й пункт – 2 балла

За 2-й пункт – 1 балл

За 3-й пункт – 2 балла

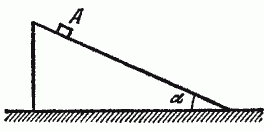
За 4-й пункт – 2 балла

За 5-й пункт – 3 балла

Если задача не решена, но приведены некоторые идеи по существу условия задачи, можно поставить до 2 баллов в качестве поощрения.

**Задача № 3. *Скользящая наклонная плоскость***

На гладкую наклонную плоскость, которая может двигаться без трения по горизонтали, положили тело А (см. рис.). Какое ускорение необходимо сообщить наклонной плоскости в горизонтальном направлении, чтобы тело А свободно падало вертикально вниз? Плоскость образует с горизонтом угол α.



***Возможное решение***

1. При свободном падении тело А за время t пройдет по вертикали путь

S1 = ½ gt2. За это же время наклонная плоскость должна сместиться по горизонтали на расстояние S2 = ½ *а*t2.

1. Если тело все время соприкасается с наклонной плоскостью, то S2/S1 =ctgα. Следовательно, искомое ускорение равно *a* = g⋅tgα.

3. Если ускорение наклонной плоскости в горизонтальном направлении будет больше g⋅ctgα, то тело будет свободно падать.

**Ответ:**  *a* > g⋅ctgα.

***Критерии оценивания***

За 1-й пункт – 4 балла

За 2-й пункт – 4 балла

За 3-й пункт – 2 балла

Если задача не решена, но приведены некоторые идеи по существу условия задачи, можно поставить до 2 баллов в качестве поощрения.

**Задача № 4. *Мороженое в блендере***

Для приготовления домашнего мороженого мама школьника использовала

следующий способ. Она заморозила в морозильнике до температуры

*t1* = –18 °С фруктовый сок, и далее при помощи блендера превращала кубики льда в кашицу, состоящую на *nл* = 80% из мелких ледяных частиц и на *nс* = 20% из жидкого сока, находящуюся при температуре *t2* = 0 °С. Какую массу *m* такого мороженого она могла получить за время τ = 5 мин работы блендера мощностью *P* = 100 Вт, если η = 0,9 этой мощности расходовалась на обработку смеси и доведение её до конечного состояния? Свойства жидкого сока считать близкими к свойствам воды, теплообменом смеси с окружающими телами можно пренебречь. Удельная теплоемкость *cл* и удельная теплота *λ* плавления льда 2100 Дж/кг⋅К и 330 кДж/кг соответственно.

***Возможное решение***

1. Будем считать, что вся механическая энергия (с учетом КПД η, т.е. η*Pτ*), израсходованная блендером на обработку льда, в конечном счете превращается в избыток внутренней энергии, идущий на нагревание всей массы льда *m* от *t1* до *t2* и дальнейшее таяние части массы льда *nсm* при t2 = 0°С. Запишем уравнение теплового баланса:

η*Pτ*  = *mcл* ⋅(*t2* − *t1*) + *nсmλ*,

2. Из этого уравнения следует, чтомасса получившегося мороженого равна

*m =* η*Pτ* /[*cл* ⋅(*t2* − *t1*) + *nсλ*].

3. Подставляя числовые данные, находим:

*m =* 0,9⋅100⋅5⋅60/[2100⋅18 + 0,2⋅330000]≈ 0,26 кг, или 260 г.

**Ответ:** 260 граммов

***Критерии оценивания***

За 1-й пункт – 4 балла

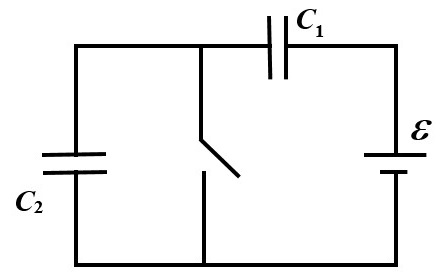
За 2-й пункт – 3 балла

За 3-й пункт – 3 балла

Если задача не решена, но приведены некоторые идеи по существу условия задачи, можно поставить до 2 баллов в качестве поощрения.

**Задача № 5. *Ключ в схеме с конденсаторами***

В схеме (см. рис.) емкости конденсаторов равны *С1* = 3 мкФ, *С2* = 2 мкФ, ЭДС источника *ε* = 5 В. Найти заряд Δ*q*, который протечет через ключ после его замыкания.



***Возможное решение***

1. При разомкнутом ключе общая емкость цепи *С* равна

*С = С1С2/(С1 + С2)* = 1,2 Ф.

2. Напряжение на обоих конденсаторах равно

*ε* = 5 В, т.е., заряд системы конденсаторов *q1* = *Cε* = 6 мкКл.

3. После замыкания конденсатор *С2* разрядится, а заряд на конденсаторе *С1* станет равным *q2 = C1ε* = 15 мкКл.

4. Протекший через ключ заряд Δ*q = q2 − q1* = 15 – 6 = 9 мкКл.

**Ответ:** 9 мкКл.

***Критерии оценивания***

За 1-й пункт – 3 балла

За 2-й пункт – 2 балл

За 3-й пункт – 3 балла

За 4-й пункт – 2 балла

Если задача не решена, но приведены некоторые идеи по существу условия задачи, можно поставить до 2 баллов в качестве поощрения.