Всероссийская олимпиада школьников по физике

2020 - 2021 учебный год

Муниципальный этап

Свердловская область

**8 класс**

**РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ И КРИТЕРИИ ПРОВЕРКИ**

**1.Десять калориметров**

Восьмиклассник проводил опыты по изучению тепловых свойств воды: в десять одинаковых калориметров он налил одинаковые порции воды массой *m* каждая при температуре *t1*, в первый калориметр затем была добавлена масса воды массой *m* при температуре *t2*, во второй калориметр добавлена порция воды массой 2m при температуре *t2*, в третий калориметр добавлена порция воды массой 3m при температуре *t2*, и т.д. После установления теплового равновесия во всех калориметрах измерялось значение температуры *t*. График зависимости температуры в калориметрах *t* от его номера *N* представлен на рисунке. К сожалению, часть точек он забыл нанести на график.

Используя сохранившиеся данные, определите:

- значения температур *t1* и *t2*;

- восстановите недостающие точки, рассчитав значения температур и нанесите их на график.

Теплоёмкостью калориметра пренебречь.

**РЕШЕНИЕ:**

 Пусть в калориметр с номером *N*, содержащий массу воды *m* при температуре *t1*, наливается масса воды *Nm* при температуре *t2*. Запишем уравнение теплового баланса и определим температуру *t* после установления теплового равновесия

$$mc\left(t-t\_{1}\right)+Nmc\left(t-t\_{2}\right)=0.$$

 После сокращения на *m* и *с* и проведения математических преобразований получим

$$t=\frac{t\_{1}+Nt\_{2}}{N+1}.$$

Из графика определяем, что при N = 1 конечная температура равна 250С

$$25=\frac{t\_{1}+t\_{2}}{2}.$$

При N = 4 температура равна 280С, поэтому

$$28=\frac{t\_{1}+4t\_{2}}{5}.$$

Из записанных уравнений находим *t1* и *t2*

$$t\_{1}=20^{0}C;$$

$$t\_{2}=30^{0}C.$$

Далее восстановим значения температур в пропущенных точках (см. таблицу) и нанесем их на график

|  |  |
| --- | --- |
| *N* | *t, 0С* |
| 2 | 26,7 |
| 5 | 28,3 |
| 6 | 28,6 |
| 7 | 28,75 |

**Критерии проверки:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | Записано уравнение теплового баланса | 2 балла |
| 2 | Найдена зависимость температуры от номера калориметра | 2 балла |
| 3 | По двум точкам из графика определяются температуры *t1* и *t2**- на графике выбраны две точки с хорошо определяемыми координатами;**- записаны два уравнения для определения t1 и t2**- найдены температуры t1 и t2* | До 4 баллов*1 балл**2 балла**1 балл* |
| 4 | Восстановлены пропущенные точки и нанесены на график*- правильно посчитаны значения**- точки нанесены на график* | 2 балла*1 балл**1 балл* |

**2. Перетекание**

****Два цилиндрических сосуда соединены в самой нижней части тонкой трубкой, перекрытой краном. Вторая узкая трубка соединяет сосуды на высоте *2h*. Площадь поперечного сечения левого цилиндра равна *2S*, правого – *S*. В сосуды налиты различные несмешивающиеся жидкости: в левый жидкость плотности ρ высоты *2h*, в правый налита жидкость плотности *4ρ* до высоты *h*. Кран открывают. Найти высоту столба лёгкой жидкости в левом и правом сосудах после того, как процесс перетекания закончится.

**РЕШЕНИЕ:**

В начальный момент времени давление вблизи дна в правом цилиндре больше, чем в левом, поэтому после открывания крана жидкость будет перетекать из правого сосуда в левый.

Пусть в левый цилиндр по нижней трубке перешел объем жидкости плотности 4ρ равный

$$∆V=S∙x.$$

Так как у левого цилиндра площадь сечения в два раза больше, то в нижней части левого цилиндра образуется слой жидкости плотности 4ρ высотой ${x}/{2}$.

Тогда по верхней трубке в правый сосуд перейдет объем легкой жидкости, высота которого в этом сосуде будет тоже ${x}/{2}$. Таким образом в правом сосуде появится объем легкой жидкости высотой *x*.

 Определим давление вблизи дна в левом сосуде

$$p\_{лев}=ρg\left(2h-\frac{x}{2}\right)+4ρg\frac{x}{2}.$$

В правом сосуде давление вблизи дна будет равно

$$p\_{прав}=4ρg\left(h-x\right)+ρgx.$$

Давление в сообщающихся сосудах на одном уровне должно быть одинаково, поэтому

$$p\_{лев}=ρg\left(2h-\frac{x}{2}\right)+4ρg\frac{x}{2}=p\_{прав}=4ρg\left(h-x\right)+ρgx.$$

Из этого уравнения находим *x*

$$x=\frac{4}{9}h.$$

Высота столба лёгкой жидкости в левой сосуде после окончания процесса перетекания равна

$$h\_{лев}=2h-\frac{x}{2}=\frac{16}{9}h.$$

Высота столба жидкости плотности ρ в правом сосуде будет равна

$$h\_{прав}=x=\frac{4}{9}h.$$

**Критерии проверки:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | Обоснованно указано направление перетекания жидкостей при открытии крана | 1 балл |
| 2 | Есть указание на то, что какой объем в левый сосуд по нижней трубке пришел, такой же по верхней перешел в правый сосуд | 1 балл |
| 3 | Определены давления вблизи дна в левом и правом сосудах после перетекания жидкости- Давление в левом сосуде- Давление в правом сосуде- Записано их равенство- проделаны математические преобразования, определен перешедший объем (его высота) | 4 балла*1 балл**1 балл**1 балл**1 балл* |
| 4 | Определение высот столбов жидкостей после окончания перетекания в левом и правом сосудах | 3 балла |

**3.Лёд растаял…**

Когда в сосуд с водой были погружены брусок плотности $ρ\_{1}=3000 ^{кг}/\_{м^{3}}$ и кусок льда плотности $ρ\_{2}=900 ^{кг}/\_{м^{3}}$, связанные нитью, перекинутой через блок, то после того, как система пришла в равновесие, уровень воды увеличился на $∆h=1 см$, при этом в воду оказалось погруженной $k\_{1}=0,6$ часть объема бруска и $k\_{2}$ часть объема льда. Объем бруска равен *V*, объем куска льда *3V*.

Брусок и кусок льда имеют плавильную геометрическую форму. Боковые грани вертикальны, нижняя и верхняя горизонтальны и продолжают оставаться таковыми в течение всего эксперимента.

Найти $k\_{2}$.

Как изменится уровень воды после того, как лед растает?

Плотность воды равна $ρ=1000 ^{кг}/\_{м^{3}}.$ Нить невесома и нерастяжима, трение в блоке пренебрежимо мало.

**РЕШЕНИЕ:**

 Рассмотрим равновесие системы, когда лёд ещё не растаял. Для бруска имеем

$$m\_{1}g=T+F\_{Арх1}.$$

Здесь $m\_{1}g$ – сила тяжести, действующая на брусок, $m\_{1}g=ρ\_{1}Vg$, $F\_{Арх1}$ – сила Архимеда, действующая на брусок, так как погружена $k\_{1}$ часть тела, то сила Архимеда равна $F\_{Арх1}=ρk\_{1}Vg$, $T$ – cила натяжения нити. Подставив все значения сил, получим

$ρ\_{1}Vg=ρk\_{1}Vg+T.$ (1)

 Аналогичным образом запишем равновесие куска льда

$$m\_{2}g=T+F\_{Арх2}.$$

Здесь $m\_{2}g$ – сила тяжести, действующая на кусок льда, $m\_{2}g=ρ\_{2}3Vg$, $F\_{Арх2}$ – сила Архимеда, действующая на брусок, так как погружена $k\_{2}$ часть тела, то сила Архимеда равна $F\_{Арх2}=ρk\_{2}3Vg$, $T$ – cила натяжения нити. Подставив все значения сил, получим

$ρ\_{2}3Vg=ρk\_{2}3Vg+T.$ (2)

Вычтем из уравнения (1) уравнение (2), получим

$$ρ\_{1}Vg-ρ\_{2}3Vg=ρk\_{1}Vg-ρk\_{2}3Vg.$$

Сократим на множитель *Vg*, получим

$$\frac{ρ\_{1}-3ρ\_{2}}{ρ}=k\_{1}-3k\_{2}.$$

Из записанного соотношения найдем, какая часть куска льда будет погружена в воду

$$k\_{2}=\frac{k\_{1}}{3}-\frac{ρ\_{1}-3ρ\_{2}}{3ρ}; k\_{2}=0,1.$$

Определим, на сколько изменится уровень воды при погружении бруска и льда. Пусть первоначальный объем воды равен $V\_{0}$, площадь поперечного сечения сосуда S, тогда новый уровень воды равен

$$h=\frac{V\_{0}+k\_{1}V+3k\_{2}V}{S}=h\_{0}+\frac{k\_{1}V+3k\_{2}V}{S},$$

где *h0* – уровень воды в сосуде до погружения бруска и куска льда. Определим изменение уровня воды $∆h$

$$∆h=\frac{k\_{1}V+3k\_{2}V}{S}=\left(k\_{1}+3k\_{2}\right)\frac{V}{S}.$$

Из этого выражения найдем отношение $\frac{V}{S}$

$$\frac{V}{S}=\frac{∆h}{k\_{1}+3k\_{2}}; \frac{V}{S}=\frac{1}{0,6+3∙0,1}=\frac{10}{9} \left(см\right)=1,11 (см).$$

Теперь рассмотрим случай, когда лёд растаял. Когда лёд растаял, то из него получилась вода той же массы, объем $V\_{ВЛ} $ которой равен

$$ρ\_{2}3V=ρV\_{ВЛ};$$

$$V\_{ВЛ}=\frac{ρ\_{2}}{ρ}3V.$$

После того, как лед растает, брусок утонет, поэтому новый уровень воды будет равен

$$h'=\frac{V\_{0}+V+V\_{ВЛ}}{S}=h\_{0}+\frac{V+3\frac{ρ\_{2}}{ρ}V}{S}.$$

Ответим на вопрос, как изменится уровень воды. Для этого из *h’* вычтем *h*

$$h^{'}-h=h\_{0}+\frac{V+3\frac{ρ\_{2}}{ρ}V}{S}-\left(h\_{0}+\frac{k\_{1}V+3k\_{2}V}{S}\right)=\frac{V}{S}\left(1+3\frac{ρ\_{2}}{ρ}-k\_{1}-3k\_{2}\right).$$

Подставив числовые значения, найдем изменение уровня воды

$$h^{'}-h=3,1 см.$$

**Критерии проверки:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | Определение *k2**- записаны условия покоя куска льда и бруска;**- правильно записаны выражения для сил Архимеда;**- правильно записаны выражения для масс тел;**- проделаны математические преобразования*, *найдено k2* | 4 балла*1 балл**0,5 баллов**0,5 баллов**1 балл* |
| 2 | Определено, на сколько изменится уровень воды при погружении в нее системы | 1 балл |
| 3 | Найдено отношение V/S, либо что-то аналогичное, что будет использоваться далее | 1 балл |
| 4 | Рассмотрен случай, когда лед растаял*- отмечено, что брусок утонул;**- из льда после таяния получилась вода той же массы, определен объем этой воды;**- определен новый уровень воды в сосуде**Это же может записано иначе, например, сразу написано выражение для h’* | 3 балла*1 балл**1 балл**1 балл**Ставим полный балл* |
| 5 | Найдена разность уровней | 1 балл |

**4.Равновесие стержня**

Однородный стержень массой *М* размещен на двух небольших опорах (см.рис.). Определить силы реакции опор.

Груз какой максимальной массы *mx* можно подвесить на правый край стержня, чтобы стержень оставался горизонтальным?

**РЕШЕНИЕ:**

Рассмотрим первую ситуацию. Расставим силы, действующие на стержень – это силы тяжести *Mg* и две силы реакции опоры *N1* и *N2*.

Так как стержень находится в покое, то

$$N\_{1}+N\_{2}=Mg.$$

Длину стержня обозначим *6а* и запишем правило моментов относительно оси, проходящей через правую опору перпендикулярно плоскости чертежа

$$N\_{1}∙3a=Mg∙a.$$

 Из записанных соотношений определяем силы реакции опор

$$N\_{1}=\frac{1}{3}Mg;$$

$$N\_{2}=\frac{2}{3}Mg.$$

 Теперь подвесим груз к правому краю и заново запишем условие покоя стержня и правило моментов. Силы реакции опор обозначим *N’1* и *N’2*.

$$N'\_{1}+N'\_{2}=\left(M+m\_{x}\right)g;$$

$$N'\_{1}∙3a+m\_{x}g∙2a=Mg∙a.$$

 Из записанных выражений находим силу реакции левой опоры

$$N'\_{1}=\frac{M-2m\_{x}}{3}g.$$

Зная её, находим силу реакции правой опоры

$$N'\_{2}=\frac{2M+5m\_{x}}{3}g.$$

Проанализировав полученные выражения, видим, что сила реакции левой опоры *N’1* с увеличением массы груза уменьшается. Максимальное значение массы груза, про которой стержень еще горизонтален, находится из условия

$$N'\_{1}=0,$$

что дает значение максимальной массы

$$M-2m\_{x}^{max}=0;$$

$$m\_{x}^{max}=\frac{M}{2}.$$

При таком значении массы груза сила реакции правой опоры будет равна

$$N'\_{2}=\frac{3}{2}Mg.$$

**Критерии проверки:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | Рассмотрен случай без груза*- сделан рисунок, правильно расставлены силы**- записана сумма сил;**- записано уравнение моментов;**- проделаны математические преобразования, найдены силы реакции* | 4 балла*1 балл**1 балл**1 балл**1 балл* |
| 2 | Рассмотрение случая с грузом*- сделан рисунок, правильно расставлены силы**- сумма сил равна нулю;**- правило моментов;**- найдены силы реакции опор в этом случае;**- отмечено, что при максимальной массе груза сила реакции левой опоры равна нулю;**- определена максимальная масса;**- определена сила реакции правой опоры при максимальной массе* | 6 баллов*1 балл**0,5 баллов**0,5 баллов**1 балл**1 балл**1 балл**1 балл* |