10 класс

1. Время мощности

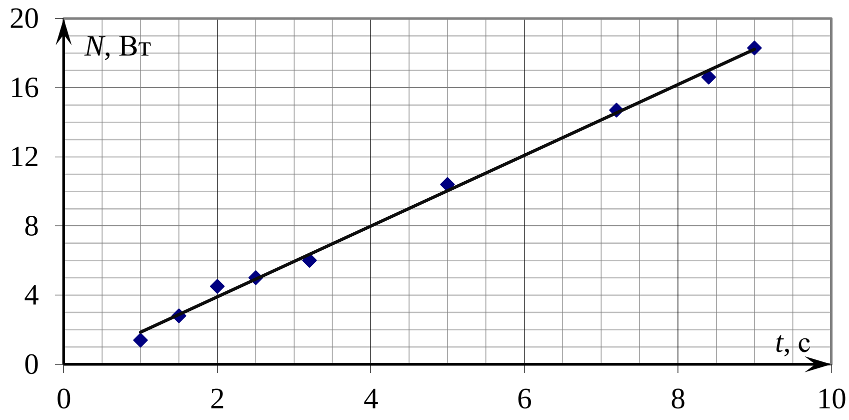
В результате проведенного эксперимента получена зависимость мощности N постоянной горизонтальной силы от времени t ее действия на изначально покоящийся на гладком горизонтальном столе брусок массы m = 2 кг. Некоторые измерения могли оказаться не очень точными.

- определите мощность силы в момент времени τ = 6 с;
- найдите значение силы F.

N, Вт	1,4	2,8	4,5	5,0	6,0	10,4	14,7	16,6	18,3
t, с	1,0	1,5	2,0	2,5	3,2	5,0	7,2	8,4	9,0

Возможное решение **Гордеев З.**

При постоянной силе F мощность $N = F\upsilon = Fat = \frac{F^2}{m}t$,поэтому следует ожидать линейную зависимость $N(t)$. Построим график $N(t)$ по табличным данным. Методом медиан проведем наилучшую прямую из начала координат.



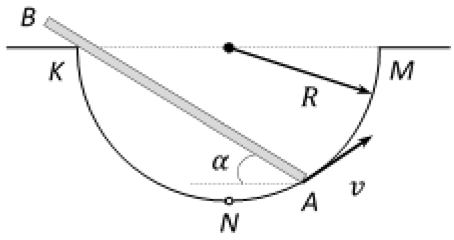
В момент времени τ = 6 с мощность должна составлять 12 Вт. По угловому коэффициенту наклона графика $k = \frac{F^2}{m}$ = 2 Вт/с определяем значение силы $F = \sqrt{km}$ =2 Н.

Критерии оценивания

1\. Вывод теоретической зависимости мощности от времени............................**2 балла**
2\. Построение (культурного) графика ....**2 балла**
3\. Интерполяция для τ = 6 с ....**2 балла**
4\. Определение силы по угловому коэффициенту наклона...............................**4 балла**
  - Определение силы по любому однократному измерению ....0 баллов
  - Определение силы усреднением нескольких измерений..........1 балл

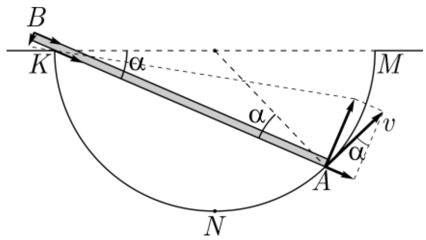
Сегодня, 20 января, на портале **online.mipt.ru** *составители данного комплекта проведут онлайн-разбор решений задач. Начало разбора (по московскому времени): 7 класс – 16.00; 8 класс – 17.00; 9 класс – 18.30; 10 класс – 20.00; 11 класс – 19.00. Для участия в разборе необходимо зарегистрироваться на портале* **online.mipt.ru**

2. В лунке



Стержень AB касается уступа K полусферической лунки радиуса R. Точка A движется равномерно со скоростью υ по поверхности лунки, начиная из нижней точки N, к точке M. Найти зависимость модуля скорости u конца стержня B от угла α, который стержень составляет с горизонтом. Длина стержня AB равна $2R$.

Возможное решение 1 **Бычков А.**



Скорость точки стержня, касающейся уступа K, направлена вдоль стержня и, следовательно, она равна $\upsilon\sin\alpha$. Так как стержень жёсткий, то проекции скоростей остальных точек стержня на направление вдоль стержня также равны $\upsilon\sin\alpha$, значит, $u_{\parallel}=\upsilon\sin\alpha$.

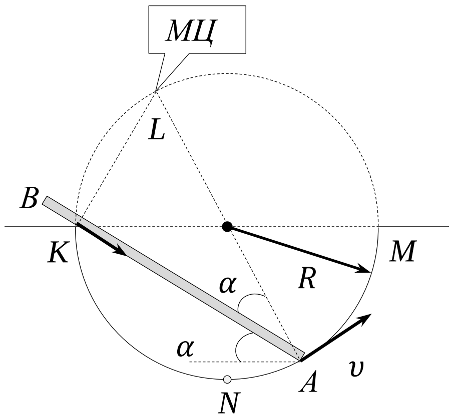
Перпендикулярные составляющие скоростей линейно возрастают с расстоянием от точки K. Тогда

$$\frac{u_{\perp}}{BK}=\frac{\upsilon\cos\alpha}{KA}\Rightarrow u_{\perp}=\upsilon\cos\alpha\frac{2R-2R\cos\alpha}{2R\cos\alpha}=\upsilon(1-\cos\alpha).$$

Скорость точки B стержня равна:

$$u=\sqrt{u_{\parallel}^2+u_{\perp}^2}=\sqrt{\upsilon^2(\sin\alpha)^2+\upsilon^2(1-\cos\alpha)^2}=\upsilon\sqrt{2(1-\cos\alpha)}=2\upsilon\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right).$$

Возможное решение 2.



Мгновенный центр вращения (точка L) стержня находится на верхней полуокружности KLM, как показано на рисунке. При движении стержня точка L перемещается по дуге этой полуокружности.

Угловая скорость вращения стержня равна:

$\omega=\upsilon/(2R)$. Тогда скорость конца стержня B равна:

$$u=\omega\cdot BL=\frac{\upsilon}{2R}\sqrt{(KL)^2+(BK)^2}=\frac{\upsilon}{2R}\sqrt{(2R\sin\alpha)^2+(2R-2R\cos\alpha)^2}=$$

$$=\upsilon\sqrt{2(1-\cos\alpha)}=2\upsilon\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right).$$

Сегодня, 20 января, на портале **online.mipt.ru** *составители данного комплекта проведут онлайн-разбор решений задач. Начало разбора (по московскому времени): 7 класс – 16.00; 8 класс – 17.00; 9 класс – 18.30; 10 класс – 20.00; 11 класс – 19.00. Для участия в разборе необходимо зарегистрироваться на портале* **online.mipt.ru**

Критерии оценивания

1. Указано, что в силу недеформируемости стержня проекции скоростей u и υ на направление вдоль стержня одинаковы $\left(u_{\parallel} = \upsilon_{\parallel}\right)$

или найдено положение мгновенного центра вращения..**3 балла**

2. Указано, что угол BAL равен α ....**1 балл**

3. Найдена связь между проекциями скоростей u и υ на направление перпендикулярно стержню $\left(u_{\perp} / BK = \upsilon_{\perp} AK\right)$ **или** найдена угловая скорость ω ....**2 балла**

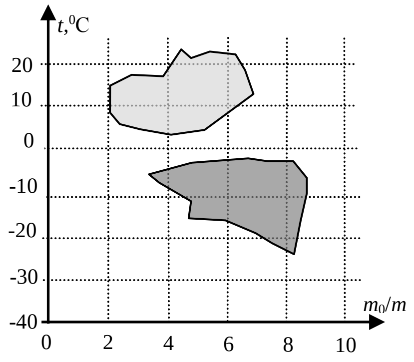
4. Выражены длины AK и KB через угол α и радиус ....**(1+1) балла**

5. Получен ответ...**2 балла**

Сегодня, 20 января, на портале **online.mipt.ru** *составители данного комплекта проведут онлайн-разбор решений задач. Начало разбора (по московскому времени): 7 класс – 16.00; 8 класс – 17.00; 9 класс – 18.30; 10 класс – 20.00; 11 класс – 19.00. Для участия в разборе необходимо зарегистрироваться на портале* **online.mipt.ru**

3. Вода со льдом.

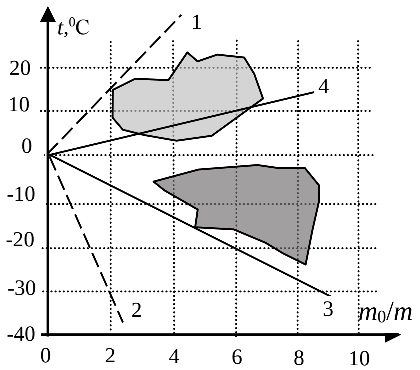
В калориметре смешали некоторое количество воды и льда. Их точные массы и начальные температуры неизвестны, но эти значения лежат в выделенных на диаграмме заштрихованных областях. Найдите максимальное количество теплоты, которое могло быть передано водой льду, если после установления теплового равновесия масса льда не изменилась. Определите возможную массу содержимого калориметра в этом случае. Удельная теплота плавления льда λ = 340 кДж/кг, удельная теплоемкость воды c = 4200 Дж/(кг·^{0}С), удельная теплоемкость льда c_1 = 2100 Дж/(кг·^{0}С). Массы воды и льда на диаграмме приведены в условных единицах, показывающих во сколько раз их массы меньше чем m_0 = 1 кг. Теплоемкостью калориметра и потерями теплоты пренебречь.



Возможное решение **Замятнин М.**

По условию масса льда в результате теплообмена не изменилась, следовательно, количество теплоты, переданное льду остывающей водой, пошло на нагревание льда (по условию процессов плавления/кристаллизации льда не происходило).

Количество теплоты, которое может отдать остывающая вода, $Q = mc(t - t_0) = mct$ (t_0 = 0^{0}С). $Q = Q_{\text{макс}}$ при максимальном по модулю значении произведения mt. Одинаковым значениям произведения mt соответствуют точки, лежащие на прямых, проведенных из начала координат. Действительно, для них выполняется условие $t = \alpha\left(m_0 / m\right)$, или $mt = \alpha m_0 = const$, где α - угловой коэффициент наклона прямой. Чем больше угол наклона прямой, тем больше модуль произведения mt. Это условие выполняется для прямой 1, проведенной из начала координат и касающейся области возможных параметров воды. Но такое выделенное водой количество теплоты приведет к плавлению льда, т.к. с учетом теплоемкости льда, которая в два раза меньше удельной теплоемкости воды, прямой 1 будет соответствовать прямая 2, имеющая в два раза больший угловой коэффициент наклона и не касающаяся области возможных параметров льда. Следовательно, максимальное количество теплоты $Q_{\text{макс}}$ будет определяться прямой 3, и соответствующей ей прямой 4, проходящей через область возможных параметров воды, для которой значение mt = 10/6 ≈ 1,67 кг^{0}С. Откуда $Q_{\text{макс}}$ = 7,0 кДж. Крайние точки пересечения прямой 4 с областью возможных параметров воды определяют диапазон масс добавленной в калориметр воды $\left[m_0 / 6,2; m_0 / 3,0\right]$ или [0,16; 0,33] кг. Точка касания прямой 3 области возможных параметров льда позволяет найти массу льда в калориметре $\left[m_0 / 4,6\right]$ = 0,22 кг. Откуда возможная масса содержимого лежит в диапазоне [0,38; 0,55] кг.



Сегодня, 20 января, на портале **online.mipt.ru** *составители данного комплекта проведут онлайн-разбор решений задач. Начало разбора (по московскому времени): 7 класс – 16.00; 8 класс – 17.00; 9 класс – 18.30; 10 класс – 20.00; 11 класс – 19.00. Для участия в разборе необходимо зарегистрироваться на портале* **online.mipt.ru**

Критерии оценивания

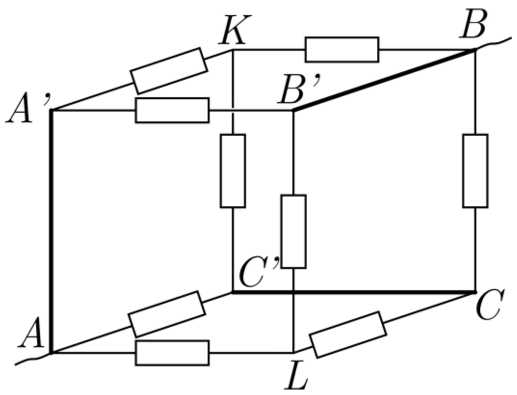
1. Учет отсутствия процессов плавления/кристаллизации 1 балл
2. Уравнение для расчета количества теплоты 1 балл
3. Идея, что равным количествам теплоты соответствуют точки, лежащие на прямой, проходящей через $t_0=0^0$C 1 балл
4. Идея нахождения максимального Q по угловому коэффициенту наклона прямой, касающейся области возможных параметров 1 балл
5. Явное указание, что максимальное количество теплоты определяет лед 1 балл
6. Найдено значение $Q_{макс}$ 2 балла
7. Обоснование существования диапазона возможных масс воды 1 балл
8. Найден диапазон масс содержимого 2 балла

В п.п. **6** и **8** имеет смысл ввести широкие 10% (**1 балл**) и узкие 5% (**2 балла**) «ворота», так как при решении обрабатывается графическая информация. Но, за ответы, попавшие в эти ворота при неверных исходных предположениях (п.п. 3-5, 7) баллы ставиться не должны!

Сегодня, 20 января, на портале **online.mipt.ru** *составители данного комплекта проведут онлайн-разбор решений задач. Начало разбора (по московскому времени): 7 класс – 16.00; 8 класс – 17.00; 9 класс – 18.30; 10 класс – 20.00; 11 класс – 19.00. Для участия в разборе необходимо зарегистрироваться на портале* **online.mipt.ru**

4. Три в кубе

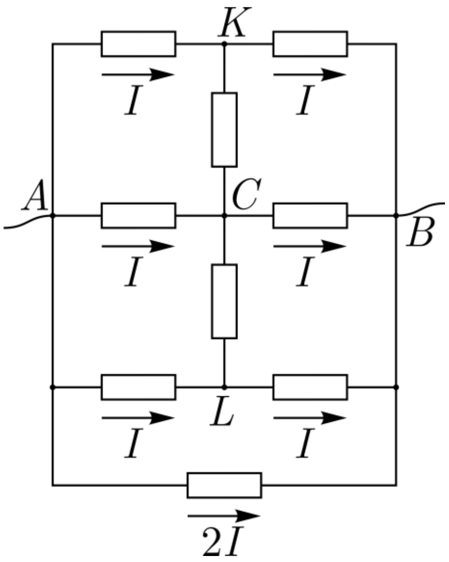
Куб собран из одинаковых резисторов сопротивлением R. Три резистора заменили на идеальные перемычки, как указано на рисунке.



- Найдите общее сопротивление получившейся системы между контактами A и B.
- Какие резисторы из оставшихся можно убрать так, что это не изменит общее сопротивление системы?
- Если известно, что сила тока, текущего через большинство резисторов электрической цепи, равна $I = 2\text{А}$, вычислите силу тока в проводе, подсоединенном к узлу А (или В)?
- Вычислите силу тока, текущего через идеальную перемычку AA'?

Возможное решение **Иванов М.**

Изобразим эквивалентную схему и расставим токи в ветвях с учетом закона сохранения заряда и закона Ома (сила тока обратно пропорционально сопротивлениям параллельных ветвей).



Теперь легко дать ответы на вопросы задачи. В силу симметрии схемы токи через резисторы в ветвях KC и CL не идут. Следовательно, эти резисторы можно убрать, и это не приведет к перераспределению токов в цепи и изменению общего сопротивления, которое равно

$$R_O = \frac{U_0}{I_0} = \frac{2IR}{5I} = \frac{2R}{5}.$$

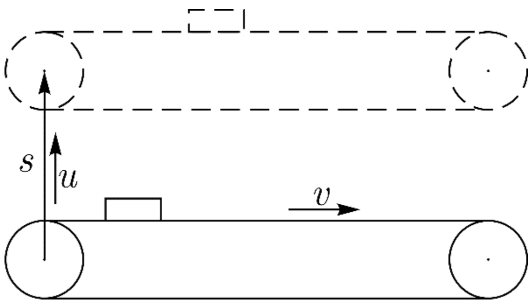
По условию $I = 2\text{А}$. Следовательно, сила тока, входящего в узел А, равна $5I = 10\text{А}$. Сила тока через идеальную перемычку AA' равна сумме сил токов через резисторы в ветвях $A'K$ и $A'B'$: $3I = 6\text{А}$.

Критерии оценивания

1. Правильная эквивалентная схема..**2 балла**
2. Обосновано отсутствие токов через два резистора ....**2 балла**
3. Найдено общее сопротивление..**2 балла**
4. Определен общий ток ....**2 балла**
5. Найден ток через перемычку ....**2 балла**

Сегодня, 20 января, на портале **online.mipt.ru** *составители данного комплекта проведут онлайн-разбор решений задач. Начало разбора (по московскому времени): 7 класс – 16.00; 8 класс – 17.00; 9 класс – 18.30; 10 класс – 20.00; 11 класс – 19.00. Для участия в разборе необходимо зарегистрироваться на портале* **online.mipt.ru**

5. Транспортёр на боку



По шероховатому горизонтальному полу движется лежащий на боку ленточный транспортёр так, что плоскость ленты вертикальна. Скорость ленты транспортёра равна υ. Транспортёр перемещается по полу с постоянной скоростью *u* перпендикулярно основным участкам его ленты. За некоторое время транспортёр сместился на расстояние *s*. Его новое положение показано на рисунке. Транспортёр толкает по полу брусок массы *m*, имеющий форму прямоугольного параллелепипеда. **На рисунке дан вид сверху на эту систему.**

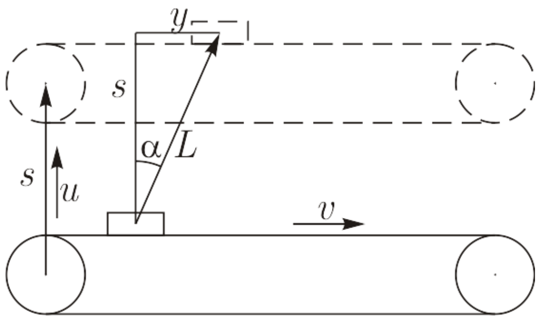
Пренебрегая прогибом ленты и считая движение бруска установившимся, найдите смещение бруска за время *s/u*.

Определите работу по перемещению бруска совершаемую транспортёром за это время.

Коэффициент трения между бруском и полом равен μ_1, а между бруском и лентой μ_2.

Возможное решение

Фролов А.



Сила трения, действующая со стороны пола на брусок, направлена против вектора скорости бруска и равна $F_{\text{Тр.1}} = \mu_1 mg$. Сила трения, действующая на брусок со стороны транспортёра, $F_{\text{Тр.2}} \le \mu_2 N$, где $N = F_{\text{Тр.1}} \cos\alpha$. С другой стороны $F_{\text{Тр.2}}$ уравновешивается силой $F_{\text{Тр.1}}$: $F_{\text{Тр.2}} = F_{\text{Тр.1}} \sin\alpha$. Здесь возможны два случая.

1-й случай (есть проскальзывание между бруском и лентой):

$$F_{\text{Тр.2}} = \mu_2 N = \mu_2 F_{\text{Тр.1}} \cos\alpha = F_{\text{Тр.1}} \sin\alpha.$$

Отсюда получаем: $\operatorname{tg}\alpha = \mu_2$. Этот случай возможен когда $\dfrac{\upsilon}{u} \ge \mu_2$. При этом скорость бруска вдоль ленты меньше скорости ленты, т.е. происходит проскальзывание.

2-ой случай (между бруском и лентой нет проскальзывания). Тогда $\upsilon / u = tg\alpha$. Этот случай возможен при $\upsilon / u \le \mu_2$.

Смещение бруска вдоль оси *Y* найдём из геометрических соображений: $y = s\operatorname{tg}\alpha$. Путь, пройденный бруском в первом случае равен $L = s\sqrt{1 + tg^2\alpha} = s\sqrt{1+\mu_2^2}$, а во втором –

$$L = s\sqrt{1 + \left(\frac{\upsilon}{u}\right)^2}.$$

Сегодня, 20 января, на портале **online.mipt.ru** *составители данного комплекта проведут онлайн-разбор решений задач. Начало разбора (по московскому времени): 7 класс – 16.00; 8 класс – 17.00; 9 класс – 18.30; 10 класс – 20.00; 11 класс – 19.00. Для участия в разборе необходимо зарегистрироваться на портале* **online.mipt.ru**

Работа по перемещению бруска в обоих случаях равна $A = LF_{\text{Тр.1}} = \mu_1 mgL$, так как сила, действующая на брусок со стороны транспортера, уравновешивается силой трения со стороны пола (брусок движется с постоянной скоростью). Конкретно:

$$A_1 = \mu_1 mgs\sqrt{1+\mu_2^2}, \qquad A_2 = \mu_1 mgs\sqrt{1+\left(\frac{\upsilon}{u}\right)^2}.$$

Критерии оценивания

Указано направление действия силы $F_{\text{Тр.1}}$	**1 балл**
Найдена реакция опоры N	**1 балл**
Найдена сила трения $F_{\text{Тр.2}}$	**1 балл**
Указаны два случая	**1 балл**
Найдено направление смещения бруска (по 1 баллу за каждый случай)	**2 балла**
Найдено смещение бруска L (по 1 баллу за каждый случай)	**2 балла**
Найдена работа по перемещению бруска (по 1 баллу за каждый случай)	**2 балла**

Сегодня, 20 января, на портале **online.mipt.ru** *составители данного комплекта проведут онлайн-разбор решений задач. Начало разбора (по московскому времени): 7 класс – 16.00; 8 класс – 17.00; 9 класс – 18.30; 10 класс – 20.00; 11 класс – 19.00. Для участия в разборе необходимо зарегистрироваться на портале* **online.mipt.ru**