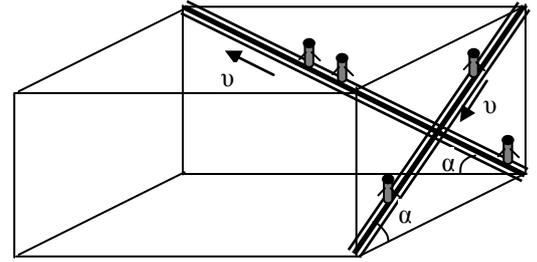


10 класс

1. Атриум

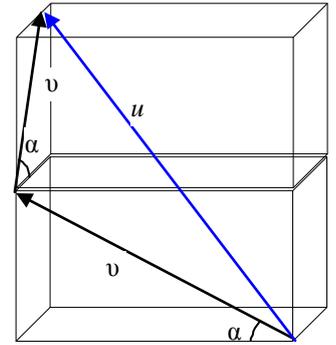
(Замятнин М.)

В крупном торговом центре эскалаторы, работающие на спуск и подъем, установлены в перпендикулярных плоскостях. Скорость движения ленты эскалаторов одинакова и равна $v = 1$ м/с. Углы наклона эскалаторов к горизонту тоже одинаковы и равны $\alpha = 30^\circ$. Определите, с какой скоростью $v_{\text{отн}}$ движется пассажир, стоящий на одном эскалаторе относительно пассажира, стоящего на другом?



Возможное решение

Выразим относительную скорость через три проекции на ортогональные оси. Дважды применяя теорему Пифагора, получим $(2v \sin \alpha)^2 + (v \cos \alpha)^2 + (v \cos \alpha)^2 = u^2$, откуда $u = v\sqrt{2(1 + \sin^2 \alpha)} = v\sqrt{5/2} \approx 1,6$ м/с.



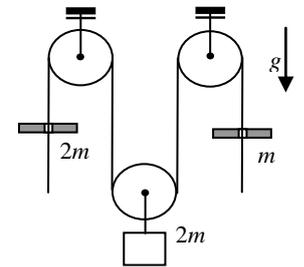
Критерии оценивания

- | | |
|---|----------|
| • Правильная геометрическая интерпретация закона сложения скоростей | 2 балла |
| • Нахождение проекций относительной скорости (за каждую 2 балла) | 6 баллов |
| • Применение теоремы Пифагора и получение ответа в общем виде | 1 балл |
| • Численный ответ | 1 балл |

2. Два кольца

(Замятнин М.)

По свисающим концам легкой нерастяжимой нити, перекинутой через систему блоков, скользят кольца, масса которых $2m$ и m . Определите ускорения колец, если известно, что подвижный блок с прикрепленным к нему грузом $2m$ покоится.



Возможное решение

Так как нить легкая, то сила T её натяжения на участке между кольцами одинакова. Из условия равновесия груза массой $2m$ следует, что $2T = 2mg$, или $T = mg$. Силы, действующие на нить со стороны колец, должны быть тоже одинаковыми и равными T , в противном случае нить начнет движение с бесконечным ускорением. По третьему закону Ньютона одинаковы и силы трения, действующие на кольца со стороны нити. Применим второй закон Ньютона для колец в проекции на вертикальную ось направленную вниз. Для левого кольца: $2ma_1 = 2mg - T$; для правого кольца: $ma_2 = mg - T$, откуда следует, что ускорения колец равны $a_1 = g/2$ и $a_2 = 0$, соответственно.

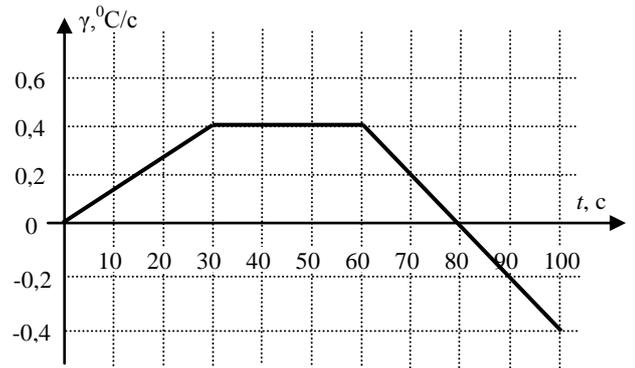
Критерии оценивания

- | | |
|--|---------|
| • Явная ссылка на легкость нити при расстановке сил | 1 балл |
| • Условие равновесия груза $2m$ | 1 балл |
| • Определение сил, действующих на кольца со стороны нити (обоснование) | 2 балла |
| • Вторые законы Ньютона для колец по 2 балла | 4 балла |
| • Найдены ускорения колец по 1 баллу | 2 балла |

3. Нагрев с охлаждением**(Иванов М.)**

В теплоизолированную установку, которая может работать как в режиме нагревателя, так и в режиме холодильника переменной мощности, помещают $m = 1$ кг воды при температуре 20°C . Зависимость скорости изменения температуры воды от времени после включения установки приведена на графике. $c_{\text{воды}} = 4200$ Дж/(кг $^{\circ}\text{C}$). Определите:

- максимальную мощность нагревателя в процессе эксперимента;
- максимальную температуру, до которой нагревалась вода;
- конечную температуру воды;
- количество теплоты, отведенное от воды за время, когда установка работала в режиме холодильника.

**Возможное решение**

За малое время Δt вода получит некоторое количество теплоты и нагреется на Δt . $N\Delta\tau = mc\Delta t$, откуда скорость

изменения температуры $\gamma = \frac{\Delta t}{\Delta\tau} = \frac{N}{mc}$. Здесь N – мгновенная мощность установки. Следовательно, максимум

мощности установки совпадает с максимумом скорости изменения температуры. $N_{\text{макс}} = \gamma mc = 1680$ Вт.

Изменение температуры воды пропорционально площади под графиком приведенной зависимости. Удобно считать количество теплоты в прямоугольных клеточках. Одна клетка соответствует изменению температуры на 2°C . Нагревание продолжается 80 с. За это время вода нагреется на 22°C , т.е. до 42°C .

С 80 по 100 с установка работает в режиме холодильника и за это время уменьшает температуру воды на $\Delta t_x = 4^{\circ}\text{C}$. Конечная температура воды 38°C .

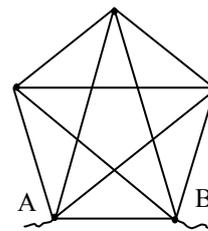
В режиме холодильника от воды отведено $Q = mc\Delta t_x = 16,8$ кДж.

Критерии оценивания

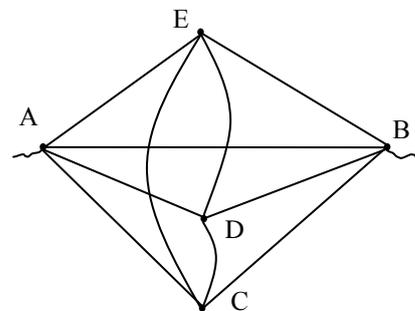
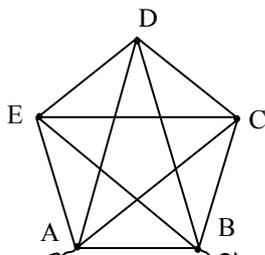
- | | |
|--|---------|
| • Обоснование соответствия мощности и скорости изменения температуры | 1 балл |
| • Нахождение максимальной мощности | 1 балл |
| • Определение момента прекращения нагрева | 1 балл |
| • Изменение температуры через площадь под графиком | 1 балл |
| • Определение максимальной температуры | 2 балла |
| • Определение конечной температуры | 2 балла |
| • Определение отведенного тепла | 2 балла |

4. Звезда над пентагоном**(Гордеев З.)**

Вычислите эквивалентное сопротивление R_0 между узлами А и В проволочной конструкции, изображенной на рисунке. Сопротивление каждого отдельного провода $R = 0,5$ Ом. Провода соединяются друг с другом только в узлах отмеченных точками в вершинах внешнего пятиугольника.

**Возможное решение**

Обозначим узлы схемы и перерисуем ее так, чтобы заметнее стала симметрия. Получаем сбалансированную мостиковую схему.



Мысленно подключим к узлам А и В источник тока с напряжением U_0 . По проводам, соединяющим узлы Е, D, С, ток не пойдет, и при расчете эквивалентного сопротивления их можно исключить из рассмотрения. Окончательно, между узлами А и В мы имеем четыре параллельные ветви (три с сопротивлением $2R$ и одна с сопротивлением R , которая эквивалентна ещё двум параллельным ветвям с сопротивлениями по $2R$). Их эквивалентное сопротивление $\frac{1}{R_0} = \frac{5}{2R}$, откуда $R_0 = \frac{2}{5}R = 0,2$ Ом.

Заметим, что сопротивление системы из N точек попарно соединенных одинаковыми проводниками с сопротивлением R не зависит от того между какими именно точками измеряется эквивалентное сопротивление и равно $R_0 = \frac{2}{N}R$.

Критерии оценивания

- | | |
|--|----------|
| • Обоснование отсутствия тока по трем проводам схемы | 5 баллов |
| • Расчет сопротивления упрощенной схемы | 4 балла |
| • Численный ответ | 1 балл |

5. Частичное подтекание**(Кармазин С.)**

Кирпич представляет собой параллелепипед, ребра которого относятся как $a : b : c = 1 : 2 : 4$. Плотность кирпича $\rho_k = 3\rho_o$, где $\rho_o = 1000$ кг/м³ – плотность воды. Кирпичная конструкция, изображенная на рисунке, состоит из 4-х кирпичей и находится на дне аквариума, в который налито столько воды, что ее «ноги» полностью погружены в воду, а «крыша» (верхний кирпич) полностью находится вне воды. Нижнее основание правой «ноги» тщательно проклеено герметиком (как показано на рисунке), и поэтому вода не подтекает под правую «ногу». При этом под ногой сохранился воздух, находящийся там при атмосферном давлении. Во все остальные стыки этой конструкции вода затекает. Чему равно отношение давления левой «ноги» на дно аквариума к давлению правой «ноги»? Массой и объемом герметика можно пренебречь.



Сегодня, 19 декабря 2015 года, на портале online.mipt.ru составители олимпиады проведут онлайн-разборы задач. Время начала разборов: 7 класс 15:30, 8 класс 16:30, 9 класс 17:30, 10 класс 19:00, 11 класс 20:30.

Для участия в разборе необходимо заранее зарегистрироваться на портале online.mipt.ru.

Возможное решение

На левый кирпич и правый верхний кирпич, находящиеся в воде, действует сила Архимеда F . Следовательно, эти кирпичи давят на свою опору с силой $T = (mg - F)$. Верхний кирпич давит на опоры с силой $mg/2$ на каждую. Под правый нижний кирпич вода не подтекает, поэтому на него вниз кроме силы тяжести действует еще сила давления слоя воды высотой b , которая равна $Q = \rho_w g b(ac)$, где ac – площадь верхней грани этого кирпича. Так как abc равно объему кирпича, то $Q = F$.

Площадь основания левой ноги $S_{\text{л}} = ab = 2a^2$, площадь основания правой ноги равна $S_{\text{п}} = ac = 4a^2$. С учетом сказанного, давление левой ноги на дно аквариума $P_{\text{л}} = ((mg - F) + mg/2)/(2a^2)$, а правой ноги, соответственно $P_{\text{п}} = ((mg + F) + (mg - F) + mg/2)/(4a^2)$. Так как по условию $mg = 3F$, получаем: $P_{\text{л}} = (7F/(4a^2))$ и $P_{\text{п}} = 15F/(8a^2)$. Окончательно, $P_{\text{л}}/P_{\text{п}} = 14/15$.

Критерии оценивания

- | | |
|--|---------|
| • Указано, что давление по определению $P = F/S$ | 1 балл |
| • Учтена сила Архимеда при расчете давления на опору | 1 балл |
| • Указано, что верхний кирпич давит одинаково на обе опоры | 1 балл |
| • Учтено, что на правый нижний кирпич давит слой воды | 1 балл |
| • Показано, что сила этого давления равна силе Архимеда | 2 балла |
| • В вычислениях учтено, что $mg = 3F$ или $F = mg/3$ | 1 балл |
| • Правильно записаны площади опор (отличие в 2 раза) | 1 балл |
| • Проведены вычисления и получен правильный ответ | 2 балла |