

ОЛИМПИАДА “БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ” 2019-2020

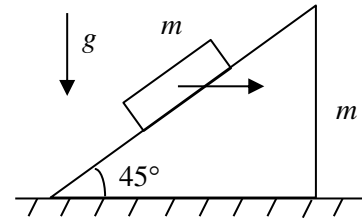
Физика, I тур, вариант 2. Время выполнения - 90 минут

РЕШЕНИЯ

Внимание: квант оценки равен 5 (можно ставить только 5, 10, 15 и т. д. баллов)!

11 класс

1. (30 баллов) Брусок массы m положили на гладкую наклонную грань клина той же массы с углом 45° при основании, расположенного на гладком горизонтальном столе, и приложили к нему горизонтальную силу (см. рис.). Чему равно ускорение бруска, если оно оказалось направленным вертикально? Ускорение свободного падения равно g .



Ответ: Ускорение бруска равно $g/2$.

Решение: Запишем второй закон Ньютона для бруска в проекции на вертикальную ось

$$ma_1 = mg - N \frac{\sqrt{2}}{2},$$

где a_1 – ускорение бруска и N – сила давления клина на брусок. Запишем далее второй закон Ньютона для клина в проекции на горизонтальную ось

$$ma_2 = N \frac{\sqrt{2}}{2},$$

где a_2 – ускорение клина. Из условия равенства проекций ускорений бруска и клина на ось, перпендикулярную наклонной грани клина (кинематическая связь), следует, что

$$a_1 = a_2.$$

Из системы записанных уравнений находим, что $a_1 = g/2$.

Разбалловка: Записан второй закон Ньютона для бруска в проекции на вертикаль – 5 баллов.

Записан второй закон Ньютона для клина в проекции на горизонталь – 5 баллов.

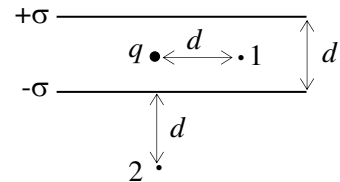
Записана связь ускорений – 15 баллов.

Получен правильный ответ – 5 баллов.

2. (40 баллов) Положительный точечный заряд q находится посередине между двумя параллельными плоскостями с равномерно нанесенными на них зарядами противоположных знаков.

Плотности зарядов на плоскостях равны $+\sigma$ и $-\sigma$, расстояние между плоскостями равно d . Найти разность потенциалов между указанными на рисунке точками 1 и 2.

Указание. Величина напряженности электрического поля заряженной плоскости равна $\sigma/(2\epsilon_0)$, где ϵ_0 – электрическая постоянная.



Ответ: Разность потенциалов равна $\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{q}{12\pi\epsilon_0 d} + \frac{\sigma d}{2\epsilon_0}$.

Решение: Разность потенциалов равна сумме разностей потенциалов, вносимых точечным зарядом

$$\frac{q}{4\pi\epsilon_0 d} - \frac{q}{6\pi\epsilon_0 d} = \frac{q}{12\pi\epsilon_0 d},$$

и заряженными плоскостями

$$\frac{\sigma d}{2\epsilon_0}.$$

При записи последней формулы учтено, что электрическое поле, создаваемое пластинами, равно сумме величин полей пластин в пространстве между ними и равно нулю снаружи. Суммируя приведенные выражения, находим ответ.

Разбалловка: Использован принцип суперпозиции для потенциала – 5 баллов.

Записана формула для потенциала точечного заряда – 5 баллов.

Найдено суммарное поле пластин в пространстве между ними – 5 баллов.

Учтено, что суммарное поле пластин снаружи равно нулю – 5 баллов.

Найден вклад в разность потенциалов от точечного заряда – 5 баллов.

Найден вклад в разность потенциалов от пластин – 10 баллов.

Получен правильный ответ – 5 баллов.

3. (30 баллов) После отклонения маятника (груза на нити) на некоторый угол возникшие колебания постепенно затухают из-за трения о воздух, при этом выделяется 30 мДж тепла. Какое тепло выделится, если после отклонения маятника на тот же угол середину нити закрепить?

Ответ: Выделится 15 мДж тепла.

Решение: Выделившееся тепло равно убыли механической энергии шарика при переходе из начального состояния (нить с шариком отклонена на максимальный угол) в конечное (колебания затухли и шарик неподвижно висит на вертикальной нити). Убыль механической энергии равна убыли потенциальной энергии, т.е. $mgL(1 - \cos\alpha_{\max})$, где m – масса шарика, g – ускорение свободного падения, L – длина маятника, α_{\max} – максимальный угол отклонения нити. После закрепления середины нити длина маятника уменьшилась в 2 раза, соответственно в 2 раза уменьшилось количество выделившегося тепла.

Разбалловка: Записана связь выделившегося тепла с убылью механической энергии системы – 10 баллов.

Записано выражение для убыли потенциальной энергии шарика при переходе из положения максимального отклонения в положение равновесия – 10 баллов.

Получен ответ – 10 баллов.