

Комплект задач
Beyond Olympiad #3
по физике
10-12 классы
9 октября 2022

РЕГЛАМЕНТ ОЛИМПИАДЫ

На выполнение олимпиады Вам дается 3 часа. Начало олимпиады: 10:00 по времени Алматы, конец олимпиады – 13:00. По завершении ваши решения необходимо отправить с помощью платформы [Gradescope](#).

Инструкция по выполнению и оформлению:

Выполнять задания Вы можете в любом порядке, при этом необходимо

- Оформлять каждую задачу на отдельном листе;
- Вверху листа писать номер задачи, но при этом запрещается писать ФИО, инициалы или какие-либо другие личные идентификаторы;
- Если решение задачи требует больше одного листа, то в конце страницы следует написать "(Продолжение задачи на следующей странице)". При этом вверху следующей страницы необходимо пометить, что это является продолжением определенной задачи;
- Рекомендуется придерживаться понятного и разборчивого почерка, избегать грязи и зачеркиваний.

Инструкции по отправке решений:

Необходимо завершить выполнение заданий не позднее 13:00 по времени Алматы. По окончании работы, вам необходимо объединить сканы ваших решений в один pdf-файл. Отметим, что в Google Play и AppStore есть множество приложений (PDF scanner, scanner app, scanbot и другие), предназначенных для этих целей. PDF-файл необходимо загрузить на сайт [Gradescope](#). Код курса: P536BW.

Памятка участнику:

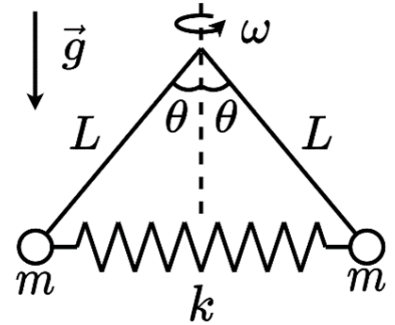
- Из канцелярских принадлежностей **разрешаются только**: карандаши, ручки, ластик, линейка, циркуль и непрограммируемый калькулятор.;
- **Строго запрещается** пользоваться помощью посторонних людей и дополнительной литературой, включая интернет-источники и учебные пособия;
- Попытки списывания и нарушения академической честности будут **наказаны баном** на [ask.bc-pf.org](#) сроком на год.

Результаты будут оглашены до 23 октября 2022 года

При наличии вопросов по проведению олимпиады следует также писать на форум [ask.bc-pf.org](#) или в официальные аккаунты соц. сетей ОФ “Beyond Curriculum”.

1 Равновесие (10 баллов)

Два шарика массы m присоединены к стержням длины L , концы которых подвешены в одной точке. Шарика соединены пружиной жёсткости k и пренебрежимо малой начальной длиной, а установка находится в поле тяжести g . Систему приводят во вращение с угловой скоростью ω , как показано на рисунке справа, вследствие чего шарика отклоняются от вертикали на угол θ .



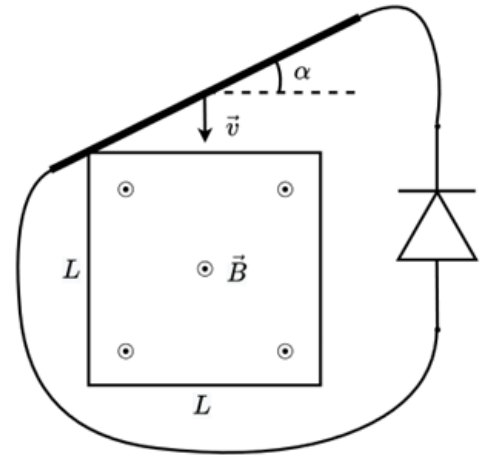
1. Найдите угол θ_0 , соответствующий положению равновесия шариков.
2. Найдите минимальную угловую скорость ω_0 , при которой такое равновесие возможно. Как ведёт себя система, если $\omega < \omega_0$?
3. Введём безразмерную величину $\beta = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{g/L}$. Выведите зависимость потенциальной энергии системы от угла отклонения $\Pi(\theta)$, полагая, что энергия равна нулю в нижнем положении, т.е. $\Pi(0) = 0$. Выразите эту зависимость через mgL , β и переменную θ . Схематически нарисуйте два графика этой зависимости для $\beta \geq 0$ и $\beta < 0$, на графиках укажите точки, которые соответствуют углу θ_0 .

Для точечной массы, вращающейся на расстоянии r от оси вращения с угловой скоростью ω , потенциальная энергия вращения выражается как

$$E_p = -\frac{m\omega^2 r^2}{2}.$$

2 Светодиод (7 баллов)

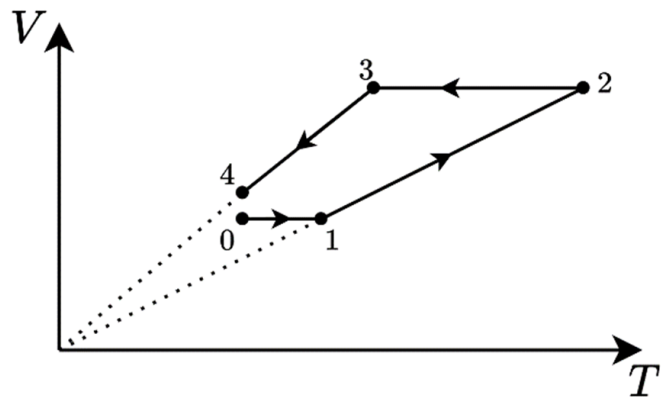
В установке, показанной на рисунке справа, достаточно длинный проводящий стержень наклонён под углом $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ к одной из сторон (длины $L = 1$ м) квадратной области магнитного поля индукции $B = 1$ Тл. Стержень подключается к светодиоду через гибкие провода пренебрежимо малого сопротивления. Светодиод загорается, когда напряжение на нём превышает $U_0 = 1$ В, при меньших напряжениях он затухает. В начальный момент времени стержень едва ли касается края магнитного поля, затем начинает двигаться перпендикулярно одной из сторон со скоростью $v = 2$ м/с.



1. Пусть $\alpha = 30^\circ$. Вычислите длительность τ зажигания светодиода.
2. При каких углах α светодиод не сможет зажечься?

3 Цилиндр с трением (6 баллов)

В слабо теплопроводящем цилиндре с подвижным поршнем площадью S находится идеальный одноатомный газ при температуре окружающей среды T_0 , объёме V_0 и давлением, равным внешнему атмосферному P_0 . Между поршнем и внутренними стенками цилиндра есть сухое трение, сила которого не превышает f . Не совершая никакого механического воздействия, цилиндр нагрели, а затем он очень медленно охлаждался, в результате чего получился процесс 0-1-2-3-4, изображенный в VT -координатах. Пунктирные линии являются мысленным продолжением процессов 1-2 и 3-4 и они пересекают начало координат. Известно, что температура в точке 2 в $\eta = 3$ раза больше, чем в начале (в точке 0), а сообщенная нагревателем теплота равна $Q = 4.8P_0V_0$. Определите значение силы f . Во сколько раз объём в точке 4 больше объёма в точке 0?



4 Область освещения (7 баллов)

В цилиндр радиуса $R = 10$ см налили жидкость неизвестного показателя преломления n . Внутри цилиндра поместили точечный источник света, да так, что в пространстве вне цилиндра появились две освещённые области, которые описываются секторами с углами $\theta_1 = 200^\circ$ и $\theta_2 = 30^\circ$ (см. рисунок справа). Найдите показатель преломления n и расстояние точечного источника до центра цилиндра.

