

**Демонстрационный вариант заданий практического этапа Конкурса
предпрофессиональных умений «Предпрофессиональная мастерская
инженерного и информационно-технологического профилей
на площадке ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»**

Номинация: «Инженерный класс»

Направление практического этапа: «Технологическое»

Направление подготовки: «Прикладная физика»

Задание

Определите моменты инерции различных тел согласно прилагаемой инструкции.

Список величин, которые необходимо получить в результате проведённого исследования:

D_r – вращательный коэффициент жёсткости цилиндрической пружины;

J – момент инерции стержня с гирями;

$J(r)$ – зависимость момента инерции стержня от положения гирь до оси вращения;

ΔJ – погрешность измерений момента инерции штанги с гирями;

$J_{шар}$ – момент инерции шара.

Таблица спецификации приборов

№ п/п	Название прибора	Пределы измерения	Цена деления	Инструментальная погрешность
1.	Секундомер	9999,9 мс	0,1 мс	0,1 мс
2.	Линейка	30,0 см	1,0 см	0,1 см
3.	Динамометр	1,0 Н	0,10 Н	0,01 Н

Момент инерции твёрдого тела – это мера инертности тела во вращательном движении. Инертность во вращательном движении показывает способность твёрдого тела противодействовать изменению его движения вокруг фиксированной оси. Момент инерции зависит только от массы тела и распределения этой массы относительно оси вращения. Чем больше расстояние, на котором находится масса тела от оси вращения, тем большим моментом инерции обладает это тело. В общем случае момент инерции определяется с помощью объёмного интеграла:

$$J = \int r_{\perp}^2 \rho(r) dV. \quad (1)$$

В данной практической работе зависимость момента инерции от расстояния до оси вращения исследуются на примере вращающегося диска с горизонтальным стержнем, к которому симметрично крепятся две дополнительные гири массы m на расстоянии r от оси вращения. Момент инерции такой системы определяется выражением

$$J = J_0 + 2 \cdot m \cdot r^2, \quad (2)$$

где J_0 – момент инерции диска и стержня без дополнительных гирек.

Вращающийся диск, который соединён с упругой цилиндрической пружиной, закреплённой на жёсткой стойке, представляет собой вращательный маятник. Период колебаний маятника T зависит от вращательного коэффициента жёсткости пружины D_r и суммарного момента инерции J диска, стержня и двух гирек. Период колебаний можно определить по формуле (3)

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{J}{D_r}}. \quad (3)$$

Из формулы (3) видно, что чем больше суммарный момент инерции J , который зависит от массы m и расстояния r , тем больше период колебаний T .

Момент инерции J можно определить, если известны период вращательных колебаний диска относительно его положения покоя и вращательный коэффициент жёсткости пружины D_r по формуле (4)

$$J = D_r \cdot \frac{T^2}{4 \cdot \pi^2}. \quad (4)$$

Вращательный коэффициент жёсткости цилиндрической пружины D_r можно определить с помощью пружинного динамометра по формуле

$$D_r = \frac{F \cdot r}{\alpha}, \quad (5)$$

где α – угол отклонения от состояния равновесия, F – сила, измеренная динамометром, r – расстояние до оси вращения.

В первом опыте с помощью пружинного динамометра необходимо определить вращательный коэффициент D_r цилиндрической пружины, используемой для сцепления тел, по формулам (5), (6). Для этого нужно выбрать опыт «Объект – пружина». Результаты измерений силы F и расстояния до оси r занести в таблицу 1. Для изменения расстояния объекта до оси необходимо нажать на кнопку «плечо».

$$D_r = D_{\text{среднее}} = \frac{\sum D_{ri}}{5}. \quad (6)$$

Таблица 1

Измерение вращательного коэффициента цилиндрической пружины

№ п/п	r , см	Δr_i , см	F , Н	ΔF , Н	α , рад	$\Delta \alpha_i$, рад	D_r , $\frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{рад}}$
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							

Во втором опыте необходимо определить момент инерции J штанги с гирями для разных случаев расположения гирь до оси вращения, построить график зависимости $J(r)$ на основе таблицы 2 и посчитать погрешность измерений. Для этого необходимо выбрать опыт «Объект – штанга» и снять показания для всех значений r . Для изменения расстояния от гирь до оси необходимо нажать на кнопку «Параметры», далее – «плечо».

В рамках опыта период колебаний определяется следующим образом

$$T = \frac{t}{n}. \quad (7)$$

Таблица 2

Измерение момента инерции стержня с гирями

№ п/п	r , см	Δr_i , см	n	Δn	t , мс	Δt , мс
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
Среднее						-

Расчёт погрешности измерений необходимо провести по ниже представленным формулам:

$$\Delta J = J \sqrt{\left(\frac{\Delta D_r}{D_r}\right)^2 + 4\left(\frac{\Delta T}{T}\right)^2}; \quad (8)$$

$$\Delta T = \frac{\Delta t}{n}; \quad (9)$$

$$\Delta t = \sqrt{(\Delta t_{\text{случ}})^2 + (t_{\text{инстр}})^2}; \quad (10)$$

$$\Delta D_r = D_r \sqrt{\left(\frac{\Delta F}{F}\right)^2 + \left(\frac{\Delta r}{r}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \alpha}{\alpha}\right)^2}; \quad (11)$$

$$\Delta F = F_{\text{инстр}} = 0,05 \text{ Н};$$

$$\Delta r = r_{\text{инстр}} = 0,5 \text{ см};$$

$$\Delta \alpha = \alpha_{\text{инстр}} = 0,05 \text{ рад}.$$

Запись окончательного результата определения момента инерции (для одного из значений расстояния до оси вращения) с учётом погрешности и правил округления произвести следующим образом

$$J = J \pm \Delta J. \quad (12)$$

В третьем опыте необходимо определить момент инерции $J_{\text{шар}}$ деревянного шара. Для этого необходимо выбрать опыт «Объект – шар».

Критерии оценки

№	Критерии	Максимальные баллы
1.	Практическая реализуемость решения	8 баллов
2.	Обоснование использованных методов и применение современного оборудования	6 баллов
3.	Применение практических навыков (hard skills) в выполнении работы	5 баллов
4.	Правильность полученных результатов	7 баллов
5.	Правильность представления теории, на которой основана задача	7 баллов
6.	Самостоятельность выполнения работы	6 баллов
7.	Умение аргументировать заключения и выводы	6 баллов
8.	Умение отвечать на вопросы	5 баллов
9.	Культура публичного выступления	5 баллов
10.	Полнота ответов на дополнительные вопросы	5 баллов
Максимально возможное количество баллов:		60 баллов

Пояснения к оценкам

1. Практическая реализуемость решения (8 баллов)

8 баллов: Работа выполнена полностью и верно.

7 баллов: В работе присутствуют мелкие недочёты (например, остановка процесса моделирования раньше заданных условий).

6 баллов: В работе присутствует большое количество незначительных ошибок (например, не указаны размерности).

5 баллов: В работе отсутствует вывод по проделанной работе.

4 балла: Большая часть работы (75%) выполнена.

3 балла: В работе присутствует большое количество значительных ошибок.

2 балла: Выполнена половина работы.

1 балл: Меньше половины работы выполнено.

0 баллов: Работа не выполнена.

2. Обоснование использованных методов и применение современного оборудования (6 баллов)

6 баллов: Полные навыки использования современных методов исследования и оборудования.

5 баллов: Есть незначительные пробелы в одной из областей: либо в теории, либо не полные навыки работы с оборудованием (например, неточная формулировка законов сохранения импульса или энергии).

4 балла: Имеются пробелы в одной или обеих областях, которые, однако, не приводят к ошибочным результатам работы (например, возникновение методической погрешности при измерениях).

3 балла: Знания неполные, непонимание основных физических принципов или принципов методики работы приводит к неудовлетворительным результатам.

2 балла: Знания недостаточны для получения удовлетворительных результатов (например, невозможность определить, какие физические законы применимы в данном эксперименте).

1 балл: Неверное применение знаний для использования современного оборудования и обоснования использованных методик.

0 баллов: Отсутствуют знания для применения современного оборудования и обоснования использованных методик.

3. Применение практических навыков (hard skills) в выполнении работы (5 баллов)

5 баллов: Отличное применение практических навыков при выполнении работы.

4 балла: Применение практических навыков с незначительными недочётами, не приводящими к ошибочным результатам работы (например, возникновение методической погрешности при измерениях).

3 балла: Применение практических навыков со значительными недочётами (например, перепутаны размерности результатов).

2 балла: Недостаточно навыков для получения удовлетворительных результатов.

1 балл: Неверное применение практических навыков при выполнении работы.

0 баллов: Отсутствуют практические навыки для выполнения работы.

4. Правильность полученных результатов (7 баллов)

7 баллов: Работа выполнена полностью верно.

6 баллов: Работа выполнена верно, представлены правильные расчёты, допущена ошибка при записи конечного результата.

5 баллов: Работа выполнена верно, верно выполнены промежуточные расчёты, допущена ошибка при расчёте погрешностей, но конечный результат записан верно.

4 балла: Работа выполнена верно, верно выполнены промежуточные расчёты, допущена ошибка при расчёте погрешностей, конечный результат записан неверно.

3 балла: Работа выполнена верно, допущена ошибка при выполнении промежуточных расчётов, допущена ошибка при расчёте погрешностей.

2 балла: Работа выполнена верно, допущена ошибка при выполнении промежуточных расчётов, нет расчётов погрешностей.

1 балл: Выполнена только работа, нет расчётов.

0 баллов: Работа выполнена и рассчитана неверно.

5. Правильность представления теории, на которой основана задача (7 баллов)

7 баллов: Отличные знания теории.

6 баллов: Достаточно теоретических знаний для полного выполнения работы и ответов на дополнительные вопросы.

5 баллов: Достаточно теоретических знаний для аргументации выполненной работы.

4 балла: Средние знания теории (например, участник может назвать применяемый физический закон, но не может его сформулировать).

3 балла: Недостаточно теоретических знаний для ответов на дополнительные вопросы.

2 балла: Недостаточно теоретических знаний для аргументации выполненной работы.

1 балл: Недостаточно теоретических знаний для выполнения работы.

0 баллов: Отсутствие теоретических знаний.

6. Самостоятельность выполнения работы (6 баллов)

6 баллов: Работа полностью выполнена самостоятельно.

5 баллов: Обращение к организаторам за помощью, не касающейся выполнения работы.

4 балла: Обращение к организаторам за помощью для уточнения правильности работы стенда.

3 балла: Обращение к организаторам за помощью для уточнения правильности выполнения работы.

2 балла: Частое обращение к организаторам за помощью при выполнении работы.

1 балл: Экспериментальная часть работы выполнялась под руководством организаторов.

0 баллов: Работа полностью выполнена несамостоятельно.

7. Умение аргументировать заключения и выводы (6 баллов)

6 баллов: Полностью аргументированы заключения и выводы по проделанной работе.

5 баллов: Представлены краткие аргументы по заключению и выводам.

4 балла: Не полностью аргументированы выводы по проделанной работе (например, отмечена возникающая закономерность, но нет пояснений и связи с физическими законами).

3 балла: При выполнении работы представлены неполные выводы, но дополнены и аргументированы при ответе.

2 балла: В работе не представлены выводы, но представлены при ответе с объяснением.

1 балл: Есть вывод по проделанной работе, но при ответе вывод не аргументирован.

0 баллов: Нет выводов по проделанной работе, и не представлено аргументов по выводам при ответе.

8. Умение отвечать на вопросы (5 баллов)

5 баллов: Вопросы поняты правильно, на них даны полные развернутые ответы.

4 балла: При ответе на некоторые вопросы возникли трудности, но были даны верные ответы.

3 балла: Ответы на вопросы неразвёрнутые, но верные.

2 балла: Большая часть вопросов оставлена без ответов.

1 балл: Ответ дан только на один вопрос.

0 баллов: Нет ответов на поставленные вопросы.

9. Культура публичного выступления (5 баллов)

5 баллов: Выступление выстроено грамотно, лаконично, структурировано.

4 балла: При выступлении присутствовали некие отступления от официального формата (например, присутствие большого количества вводных слов).

3 балла: При выступлении присутствовали речевые ошибки.

2 балла: При выступлении присутствовали значительные отклонения от официального формата (например, наличие в речи слов-паразитов, жаргонизмов).

1 балл: При выступлении речь была с явным неуважением к конкурсной комиссии (например, наличие грубых слов, попытки необоснованных споров).

0 баллов: Выступление полностью не соответствовало официальному формату.

10. Полнота ответов на дополнительные вопросы (5 баллов)

5 баллов: Даны правильные и развёрнутые ответы на дополнительные вопросы.

4 балла: Даны верные ответы на все дополнительные вопросы, но без пояснений.

3 балла: В ответах присутствует 1 неправильный ответ.

2 балла: Большое количество (более 50%) неверных ответов, нет пояснений.

1 балл: Даны ответы на дополнительные вопросы, но все ответы неверные.

0 баллов: Нет ответов на дополнительные вопросы, или все ответы неверные.

**Тематический рубрикатор практического этапа
Конкурса предпрофессиональных умений
«Предпрофессиональная мастерская инженерного
и информационно-технологического профилей»**

Номинация: *«Инженерный класс»*

Направление практического этапа: *Технологическое*

Направление подготовки: *Прикладная физика*

1. Основы теории погрешности физических измерений

Абсолютная погрешность прямых измерений, случайная погрешность прямых измерений, инструментальная погрешность (погрешность измерительных приборов), погрешность косвенных измерений, погрешность данных установки, погрешность констант, относительная погрешность.

2. Физика (кинематика)

Путь, перемещение, скорость, ускорение, прямолинейное равномерное движение, равноускоренное движение, равнозамедленное движение, свободное падение тел, тело, брошенное под углом к горизонту, движение по окружности.

3. Физика (динамика)

Сила, импульс, законы Ньютона, закон всемирного тяготения, сила упругости, работа, мощность, энергия, законы сохранения энергии и импульса, абсолютно упругий удар, абсолютно неупругий удар, динамика твёрдого тела, вращательное и поступательное движение, момент импульса материальной точки и твёрдого тела относительно неподвижного центра.

4. Физика (электростатика)

Закон Кулона, напряжённость электрического поля, потенциал, разность потенциалов, работа сил электрического поля, электроёмкость, соединение конденсаторов, энергия электростатического поля.

5. Физика (оптика)

Оптические приборы, глаз как оптическая система, интерференция света, дифракция света, дифракционная решётка, дисперсия света, спектр излучения.

6. Физика (оптика)

Прямолинейное распространение света, закон отражения света, закон преломления света, линзы, оптическая сила линзы, формула тонкой линзы.