

Мамаева И.А.

Физика
Расчетно-графические работы
часть 1

Методические указания
для студентов инженерных направлений подготовки

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|-----------|
| ОГЛАВЛЕНИЕ | 4 |
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
| 1. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ | 6 |
| 1.1. СТРУКТУРА РГР | 9 |
| 1.2. ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ..... | 9 |
| 1.3. БАЗОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РГР..... | 11 |
| 1.4. ТРЕБОВАНИЯ К ЗАЩИТЕ | 11 |
| 2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ | 13 |
| 2.1. ИССЛЕДОВАНИЕ КРИВОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ (КИНЕМАТИКА)..... | 13 |
| 2.2. ИССЛЕДУЕМ ВРАЩЕНИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА (КИНЕМАТИКА) | 26 |
| 2.3. ИССЛЕДУЕМ ПОСТУПАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА (КИНЕМАТИКА И ДИНАМИКА)..... | 31 |
| 2.4. ИССЛЕДУЕМ ДВИЖЕНИЯ СВЯЗАННЫХ ТЕЛ (КИНЕМАТИКА И ДИНАМИКА)..... | 36 |
| 2.5. ИССЛЕДУЕМ ВРАЩЕНИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА (ДИНАМИКА, ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД) | 37 |
| 2.6. ИССЛЕДУЕМ РАВНОВЕСИЕ ТЕЛА (СТАТИКА)..... | 42 |
| 3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ | 44 |
| 3.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРА МАСС ПЛОСКОГО ТЕЛА | 44 |
| 3.2. АБСОЛЮТНО УПРУГОЕ И АБСОЛЮТНО НЕУПРУГОЕ СОУДАРЕНИЯ | 44 |
| СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ | 45 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ | 46 |

ВВЕДЕНИЕ

Название расчетно-графическая работа (РГР) пришло в физику из дисциплин, где выполнение индивидуальных работ предусматривает проведение математических операций, построение графиков функций и исследование их. Для физики данную работу можно было бы назвать также «самостоятельное решение комплекса задач по физике, исследование явлений». Поскольку акцент при выполнении РГР по физике необходимо сделать не только на математических расчетах, но и на анализе физических явлений, законов, методов решения задач и результатов вычислений.

Цель методических указаний: помочь научиться применять физические законы к решению типовых физических задач, сформировать умение проводить математические операции (расчеты) и анализировать получаемые в ходе решения задач результаты, научиться строить графики и анализировать их

Задания в РГР по физике сформированы в соответствии с содержанием рабочей программы дисциплины «Физика». В методических указаниях «Физика. РГР. Часть 1» содержатся индивидуальные задания к РГР по модулю «Механика», В методических указаниях «Физика. РГР. Часть 2» – индивидуальные задания по модулям «Колебания» и «Волны». В обеих частях приведен методический материал, помогающий самостоятельно выполнить задания, однако рекомендуется наряду с самостоятельной работой посетить практические занятия, чтобы освоить алгоритмы (шаги) методов решения задач.

Что в данных методических указаниях помогает самостоятельно решить задачи:

- 1) специально разработанная таблица-подсказка (см.табл.1), в которой задачи обобщаются по тематике и указывается, какие методы и законы могут быть применены к решению задач РГР,
- 2) *специальные предложения-подсказки, набранные курсивом, которые указывают, какие действия приведут к результату, предложения-подсказки расположены непосредственно под текстом вопроса и нумеруются с помощью букв А, Б, В, и т.д.*

Что в данных методических указаниях помогает самостоятельно изучить явление (отнесенное к самостоятельной работе студента в рабочей программе дисциплины):

- 1) планы конспектов.

Методические указания по выполнению РГР предназначены для студентов инженерно-технологического и электроэнергетического факультетов направления подготовки 35.03.06, «Агроинженерия» очной и заочной форм обучения.

1. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Общие рекомендации по выполнению расчетно-графической работы по физике относятся к любой задаче, приводимой в заданиях РГР.

Приступая к решению задачи, прочитав условие задачи – придерживайтесь этих рекомендаций.

Рекомендация №1 – определяем о каком явлении идет речь.

Определите, о каком явлении идет речь в задании и какими будут физические законы, которые отражают закономерности движения. Обратите внимание, что изменение состояния физического объекта может быть описано в *аналитическом* и(или) *графическом* видах. Если решаем задачу в аналитическом виде — получаем уравнения и анализируем их, если в графическом виде — строим графики и анализируем их. Существуют особенности каждого из этих подходов:

- *аналитическое* представление физических зависимостей (формула) позволяет находить оптимальные и граничные условия протекания процесса, определять искомые величины в рассматриваемые моменты времени в рассматриваемой точке пространства и др.;
- *графическое* представление физических зависимостей (график) позволяет делать интересные выводы и заключения, которые не всегда можно обнаружить в математических формулах, определять искомые величины не только в определенные моменты времени в определенной точке пространства, но и наглядно отражает изменение состояния физического объекта во времени и в пространстве и др.

Рекомендация №2 – изучаем (повторяем) материал в конспекте лекций и практических занятий, относящийся к данному явлению.

Необходимо:

1. Прочитать конспект лекции, на которой рассматривались физические понятия и законы, относящиеся к данному явлению. Изучить физическое явление, его законы, величины и другие понятия, необходимые для описания явления.
2. Решить или разобрать представленные в конспекте практического занятия примеры решения задач данной тематики. Изучить метод решения задач данного класса.
3. Приступить к самостоятельному решению индивидуальной задачи.

Этот процесс по рекомендации №2 можно представить такой цепочкой:

«ЛЕКЦИЯ → ПРАКТИКА (МЕТОД + ПРИМЕР) → РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ»

После чтения условия задачи можно рекомендовать сделать следующие шаги, данные шаги могут помочь спланировать решение задачи и приступить к ее решению:

1. Предварительным шагом к решению задач является поиск ответа на вопросы, о каком явлении идет речь в ней (*поступательное или вращательное движение совершает твердое тело*), какие методы (*обобщенные подходы*) можно использовать для ее решения (*законы кинематики поступательного или вращательного движения, второй закон Ньютона, основной закон динамики вращательного движения, закон сохранения энергии или др.*). Путеводителем в поиске ответов на эти вопросы может стать специальная таблица-подсказка (см.табл. 1).
2. Если само явление или его законы не понятны, не ясно, как применять закон к решению задачи, то необходимо:
 - a. изучить явление по материалам лекций и(или) учебника,
 - b. понять методы решения задач (обобщенные подходы к решению задач),
 - c. разобрать примеры решения аналогичных задач по материалам практических занятий или задачные практикумы,
 - d. приступить к самостоятельному решению индивидуальной задачи.

Рекомендация №3 – изучаем подсказки, расположенные в каждом задании.

В помощь, чтобы решить задачу, в каждом пункте исследования движения приведены предложения-подсказки, уточняющие требование задачи и/или детально расписывающие шаги, которые необходимо сделать, чтобы получить результат. Подсказки указаны с помощью букв А, Б, В и т.д.

Таблица 1. Подсказки к решению задач РГР

| Задача | Явление | Номер и тема практических занятий | Методы решения задач |
|-------------------|---|--|---|
| Задача 1 | Криволинейное движение материальной точки и поступательное движение твердого тела | 1. Криволинейное движение материальной точки – кинематические уравнения движения (законы движения) | Обобщенный подход к исследованию движения материальной точки и движения твердого тела в кинематике, алгоритм применения законов (уравнений) движения в случае, если закон движения задан или не задан |
| Задача 2 | Криволинейное движение материальной точки и поступательное движение твердого тела | | |
| Задача 3 | Вращательное движение твердого тела | 2. Вращательное движение твердого тела – кинематические уравнения движения (законы движения) | Алгоритм применения 2-го закона Ньютона |
| Задача 4 | Вращательное движение твердого тела | | |
| Задача 5, часть 1 | Поступательное движение твердого тела (силы в механике) | 3. Поступательное движение тел – 2-й закон Ньютона | Метод двух состояний |
| Задача 5, часть 2 | Поступательное движение твердого тела (энергии в механике) | 4. Поступательное движение тел – теорема об изменении кинетической энергии и закон сохранения механической энергии | |
| Задача 6 | Связанное движение тел | 5. Вращательное движение тел – основной закон динамики вращательного движения. Поступательное движение тел – 2-й закон Ньютона. Законы кинематики. | Алгоритм применения основного закона динамики вращательного движения. Остальные – см. выше. |
| Задача 7 | Вращательное движение твердого тела | 6. Вращательное движение тел – теорема об изменении кинетической энергии, закон сохранения механической энергии | Метод двух состояний |
| Задача 8 | Равновесие тел | 6. Равновесие тел — условия равновесия тел | Обобщенный подход к исследованию равновесия тела |

1.1. Структура РГР

В расчетно-графической работе — два вида заданий.

Первый вид заданий — *восемь индивидуальных задач* для самостоятельного решения. Это задачи, работа над которыми помогает научиться применять физические законы к практическим исследованиям явлений. В них, как правило, требуется определить значения каких-либо величин, построить графики с указанием масштабов явления, ответить на практические вопросы.

Второй вид заданий — *два теоретических задания*, требующие подготовки конспектов. Подготовка конспектов помогает самостоятельно понять, как применяются физические законы к исследованию явлений. Для составления конспектов рекомендуется использовать литературу: Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. — М. : Высшая школа, 2015.

Чтобы оказать помощь в подготовке конспекта разработаны планы конспектов, эти планы учитывают, что в конспекте должны быть отражены:

- 1) модель явления («механизм» протекания явления), условия его возникновения;
- 2) величины, которые используют для описания явления;
- 3) законы и закономерности явления;
- 4) применение законов к исследованию явления, практические выводы.

1.2. Правила оформления

РГР должна выполняться студентами самостоятельно по вариантам. Номер варианта — это номер студента в алфавитном списке журнала группы.

Работа должна быть выполнена на листах формата А4. Первой страницей РГР должен быть титульный лист (см. образец Приложение 1). На второй странице РГР должны быть приведены задания решаемого варианта (см. образец второй страницы с заданиями на примере 7-го варианта 1-й группы приведен в Приложении 2).

Задачи в работе следует располагать строго по порядку, не переписывая условие, а только делая его краткую запись. Ниже приведен пример оформления задачи.

Схема моделирования решения задачи рисуется исключительно по желанию (не обязательна).

Образец оформления каждой задачи

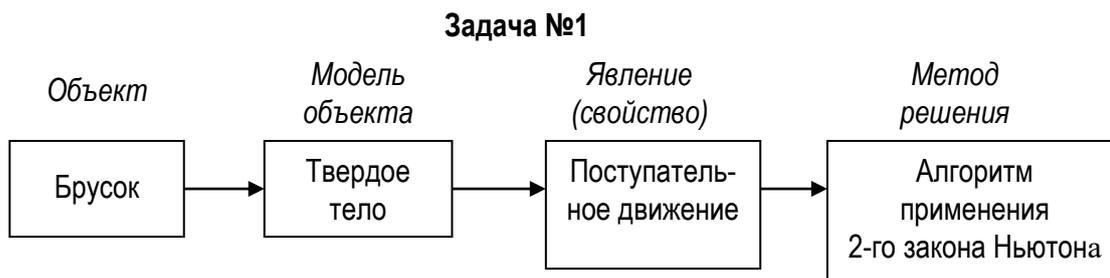


Схема моделирования решения задачи

| |
|--------------------------------|
| $m = 4 \text{ кг}$ |
| $\alpha = 30^\circ$ |
| $F_{\text{тр}} = 10 \text{ Н}$ |
| $a = ?$ |

Решение:

Ответ:

Решение задач следует излагать с пояснениями. Все записи должны быть аккуратными, четкими и разборчивыми.

Графики должны быть построены с использованием масштабной сетки.

Страницы нумеруются. Рисункам и графикам желательно присвоить сквозную нумерацию.

Взаимное расположение конспектов и задач — произвольное. То есть можно собрать РГР одним из двух способов:

- 1) конспекты и задачи;
- 2) задачи и конспекты.

Таким образом, в РГР, подготовленной для защиты, должно быть:

- Титульный лист.
- Лист заданий.
- Последовательное представление решений практических задач в строгом соответствии с нумерацией задач.

- Графики в тех задачах, где требуется их построить (обязательны).
- Конспекты по самостоятельно изучаемым темам.

В решении каждой задачи должны быть представлены:

- краткое условие и требования задачи,
- желательно (не обязательно) схема моделирования решения задачи,
- решение задачи с пояснениями,
- графики (при необходимости);
- ответ.

1.3. Базовые требования к выполнению РГР

Базовые требования к выполнению задач – понимать, как применяются основные законы физики к решению стандартных (типовых) задач тогда, когда необходимо продемонстрировать применение одного закона физики к решению одной физической задачи. Для этого необходимо в решении задач РГР представить:

1) решение задачи № 1 по пунктам 1, 2, 3, 5, построение графиков $x(t)$ и $y(t)$ и графиков зависимости проекций скорости от времени;

2) решение задачи № 3 по пунктам 1, 2, рисунок обязателен здесь и далее везде;

4) решение задачи № 4 полностью;

5) решение задачи № 5 по пунктам 1, 2;

6) решение задачи № 6 полностью;

7) решение задачи № 7 по пунктам 1, 2;

8) решение задачи № 8 полностью.

В теоретических конспектах на базовом уровне необходимо ответить на первые три вопроса плана конспекта (см. раздел 3 данных методических указаний).

В случае выполнения работы на базовом уровне устно защищать РГР не надо.

1.4. Требования к защите

Выполненная работа защищается во внеурочное время.

Защита проходит в форме устного собеседования.

За выполнение и защиту РГР выставляется одна оценка.

При защите РГР необходимо продемонстрировать:

1) *умение* объяснять, о каком явлении идет речь в задаче, какие методы или общие подходы к решению задач, какие законы помогают исследовать явление, последовательность шагов в решении, а также *умение* анализировать результаты решения, представленные в аналитическом и/или графическом виде.

2) *знание* законов (математической записи, физического смысла, формулировки), которые применяются к решению конкретной задачи, знание определений величин, используемых в решении задачи, и уравнений связи между величинами.

Для успешного ответа на вопросы при подготовке к защите необходимо понять, в чем заключается рассматриваемое в задаче явление, в

чем его особенности, выучить законы, на основе которых решаются задачи, разобрать и понять методы решения задач.

2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

2.1. Исследование криволинейного движения материальной точки (кинематика)

Задача № 1¹. Движение материальной точки (МТ) в плоскости подчиняется закону или законам, представленным в таблицах 2-6. Исследуйте криволинейное движение материальной точки и проанализируйте результаты исследования.

Требуется определить:

1. Уравнение движения в векторной форме или в проекциях.

А. Если задан закон изменения радиус-вектора МТ по времени $\mathbf{r}(t)$, то запишите зависимости его проекций от времени $x(t)$ и $y(t)$. Если заданы зависимости проекций радиус-вектора от времени $x(t)$ и $y(t)$, то запишите закон изменения радиус-вектора по времени $\mathbf{r}(t)$.

Б. Зависимость модуля перемещения МТ от времени $r(t)$ определяется с помощью корня квадратного из суммы квадратов проекций перемещения в направлениях координатных осей.

2. Вектор и модуль скорости для любого момента времени.

А. Зависимость вектора скорости $\mathbf{v}(t)$ МТ от времени определяется с помощью производной от вектора перемещения.

Б. Зависимость модуля скорости $v(t)$ МТ от времени определяется с помощью корня квадратного из суммы квадратов проекций скорости в направлениях координатных осей.

3. Вектор и модуль ускорения для любого момента времени.

А. Зависимость вектора ускорения $\mathbf{a}(t)$ МТ от времени определяется с помощью производной от вектора скорости.

Б. Зависимость модуля ускорения $a(t)$ МТ от времени определяется с помощью корня квадратного из суммы квадратов проекций ускорения в направлениях координатных осей.

4. Уравнение траектории движения МТ.

А. Определить зависимость $y(x)$ или $x(y)$ можно, используя прием исключения параметра t (времени) из уравнений $x(t)$ и $y(t)$.

5. Кинематические величины в момент времени t_1 (исходные данные в таблице 2).

А. Координаты МТ и радиус-вектор МТ в момент времени t_1 определяются простой подстановкой значения времени в уравнения (в пунктах Б-Г также).

Б. Определяем проекции вектора скорости МТ в момент времени t_1 и скорость МТ в момент времени t_1 .

В. Определяем проекции вектора ускорения МТ в момент времени t_1 и ускорение МТ в момент времени t_1 .

¹ Физический объект — одинаковый для всех студентов. Практические данные — индивидуальные для студента. Требования задачи — общие для всех студентов.

6. Кинематические характеристики движения МТ за время от t_1 до t_2 .

А. Перемещение и модуль перемещения МТ за время от t_1 до t_2 определяются строгим использованием формул-определений кинематических величин, потребуется определить некоторые величины в момент времени t_2 , в момент времени t_1 кинематические величины определены.

Б. Средняя скорость $\langle v \rangle$ МТ за время от t_1 до t_2 и ее модуль определяются строгим использованием формул-определений средних значений кинематических величин, потребуется определить радиус-вектор в заданные моменты времени, определить перемещение (разность радиус-векторов) и разделить ее на заданный промежуток времени (разность заданных значений времени).

В. Среднее ускорение $\langle a \rangle$ МТ за время от t_1 до t_2 и его модуль определяются строгим использованием формул-определений средних значений кинематических величин, потребуется определить скорость в два заданных момента времени, определить приращение скорости (разность этих скоростей) и разделить его на заданный промежуток времени (разность заданных значений времени).

Требуется проанализировать и охарактеризовать движение МТ:

7. Исследуйте движение МТ с помощью графиков. Графики необходимо построить на миллиметровой бумаге или на разлинованном листе белой бумаги, на каждом графике необходимо указать уравнение, для которого построен график, обозначения осей, масштаб:

А. Необходимо построить графики движения МТ $r(t)$, $v(t)$, $a(t)$.

Б. Необходимо построить график траектории движения МТ $y(x)$ или $x(y)$.

В. На графике траектории движения в момент времени t_1 изобразите в выбранном самостоятельно масштабе вектор скорости и его проекции МТ (можно одним цветом), в момент времени t_2 вектор ускорения МТ и его проекции (можно другим цветом).

8. Охарактеризуйте исследуемое движение МТ:

А. Укажите, криволинейное или прямолинейное это движение (подскажет вид траектории).

Б. Укажите, равномерное, равноускоренное, равнопеременное или с переменными скоростью и ускорением (докажите это с помощью графиков или уравнений движения, обратите внимание на вид зависимости законов движения от времени). Опишите, какое движение МТ совершает в горизонтальном и вертикальном направлениях (докажите это с помощью графиков или уравнений движения, обратите внимание на вид зависимости законов движения от времени в проекциях на выбранные оси координат).

Таблица 2. Исходные данные к задаче 1 для 1-й группы

| № варианта | Уравнения | t_1, c | t_2, c | № варианта | Уравнение | t_1, c | t_2, c |
|------------|--|----------|----------|------------|---|----------|----------|
| 1-я группа | | | | | | | |
| 1 | $\begin{cases} x = 1 \cdot t^2, \\ y = 1 \cdot t^2 \end{cases}$ | 1 | 4 | 2 | $\vec{r} = t\vec{i} + t\vec{j}$ | 2 | 10 |
| 3 | $\begin{cases} x = 1 \cdot t, \\ y = 1 \cdot t(1+t) \end{cases}$ | 0 | 20 | 4 | $\vec{r} = t\vec{i} - t \cdot \vec{j}$ | 4 | 6 |
| 5 | $\begin{cases} x = 1 \cdot t^2, \\ y = 1 \cdot t^2 \end{cases}$ | 1 | 6 | 6 | $\vec{r} = t\vec{i} - t(1-t)\vec{j}$ | 1 | 8 |
| 7 | $\begin{cases} x = 1 \cdot e^t, \\ y = t \cdot e^{-t} \end{cases}$ | 0 | 5 | 8 | $\vec{r} = t \cdot \vec{i} - t\vec{j}$ | 1 | 7 |
| 9 | $\begin{cases} x = 1 - 1t, \\ y = 1 - t^2 \end{cases}$ | 1 | 5 | 10 | $\vec{r} = t \cdot \vec{i} + t(1+t)\vec{j}$ | 1 | 4 |
| 11 | $\begin{cases} x = t - \pi, \\ y = t(t+1) \end{cases}$ | 5 | 10 | 12 | $\vec{r} = (t+1)\vec{i} + t \cdot \vec{j}$ | 4 | 10 |
| 13 | $\begin{cases} x = t, \\ y = \frac{t+1}{t} \end{cases}$ | 2 | 4 | 14 | $\vec{r} = t(1-t)\vec{i} + t\vec{j}$ | 0 | 10 |
| 15 | $\begin{cases} x = t - \pi, \\ y = t(t+1) \end{cases}$ | 1 | 7 | 16 | $\vec{r} = t(t-1)\vec{i} - t \cdot \vec{j}$ | 1 | 6 |
| 17 | $\begin{cases} x = t, \\ y = \frac{t+1}{t} \end{cases}$ | 1 | 5 | 18 | $\vec{r} = (t+1)\vec{i} + t \cdot \vec{j}$ | 2 | 15 |

№ варианта – это порядковый номер фамилии в журнальном списке группы.

Таблица 3. Исходные данные к задаче 1 для 2-й группы

| № варианта | Уравнения | t_1, c | t_2, c | № варианта | Уравнение | t_1, c | t_2, c |
|------------|--|----------|----------|------------|---|----------|----------|
| 2-я группа | | | | | | | |
| 1 | $\begin{cases} x = 1 \cdot t^2, \\ y = 1 \cdot t^2 \end{cases}$ | 0 | 2 | 2 | $\vec{r} = t\vec{i} + t\vec{j}$ | 0 | 20 |
| 3 | $\begin{cases} x = 1 \cdot t, \\ y = 1 \cdot t(1+t) \end{cases}$ | 2 | 12 | 4 | $\vec{r} = t\vec{i} - t \cdot \vec{j}$ | 2 | 10 |
| 5 | $\begin{cases} x = 1 \cdot t^2, \\ y = 1 \cdot t^2 \end{cases}$ | 1 | 6 | 6 | $\vec{r} = t\vec{i} - t(1-t)\vec{j}$ | 1 | 4 |
| 7 | $\begin{cases} x = 1 \cdot e^t, \\ y = t \cdot e^{-t} \end{cases}$ | 0 | 4 | 8 | $\vec{r} = t \cdot \vec{i} - t\vec{j}$ | 0 | 8 |
| 9 | $\begin{cases} x = 1 - 1t, \\ y = 1 - t^2 \end{cases}$ | 1 | 8 | 10 | $\vec{r} = t \cdot \vec{i} + t(1+t)\vec{j}$ | 1 | 9 |
| 11 | $\begin{cases} x = t - \pi, \\ y = t(t+1) \end{cases}$ | 2 | 10 | 12 | $\vec{r} = (t+1)\vec{i} + t \cdot \vec{j}$ | 2 | 5 |
| 13 | $\begin{cases} x = t, \\ y = \frac{t+1}{t} \end{cases}$ | 1 | 3 | 14 | $\vec{r} = t(1-t)\vec{i} + t\vec{j}$ | 0 | 10 |
| 15 | $\begin{cases} x = t - \pi, \\ y = t(t+1) \end{cases}$ | 1 | 4 | 16 | $\vec{r} = t(t-1)\vec{i} - t \cdot \vec{j}$ | 1 | 6 |
| 17 | $\begin{cases} x = t, \\ y = \frac{t+1}{t} \end{cases}$ | 2 | 9 | 18 | $\vec{r} = (t+1)\vec{i} + t \cdot \vec{j}$ | 0 | 4 |

№ варианта – это порядковый номер фамилии в журнальном списке группы.

Таблица 4. Исходные данные к задаче 1 для 3-й группы

| № варианта | Уравнения | t_1, c | t_2, c | № варианта | Уравнение | t_1, c | t_2, c |
|------------|--|----------|----------|------------|---|----------|----------|
| 3-я группа | | | | | | | |
| 1 | $\begin{cases} x = 1 \cdot t^2, \\ y = 1 \cdot t^2 \end{cases}$ | 0 | 7 | 2 | $\vec{r} = t\vec{i} + t\vec{j}$ | 0 | 5 |
| 3 | $\begin{cases} x = 1 \cdot t, \\ y = 1 \cdot t(1+t) \end{cases}$ | 1 | 10 | 4 | $\vec{r} = t\vec{i} - t \cdot \vec{j}$ | 1 | 20 |
| 5 | $\begin{cases} x = 1 \cdot t^2, \\ y = 1 \cdot t^2 \end{cases}$ | 1 | 16 | 6 | $\vec{r} = t\vec{i} - t(1-t)\vec{j}$ | 1 | 8 |
| 7 | $\begin{cases} x = 1 \cdot e^t, \\ y = t \cdot e^{-t} \end{cases}$ | 0 | 4 | 8 | $\vec{r} = t \cdot \vec{i} - t\vec{j}$ | 0 | 7 |
| 9 | $\begin{cases} x = 1 - 1t, \\ y = 1 - t^2 \end{cases}$ | 1 | 8 | 10 | $\vec{r} = t \cdot \vec{i} + t(1+t)\vec{j}$ | 1 | 9 |
| 11 | $\begin{cases} x = t - \pi, \\ y = t(t+1) \end{cases}$ | 2 | 10 | 12 | $\vec{r} = (t+1)\vec{i} + t \cdot \vec{j}$ | 2 | 12 |
| 13 | $\begin{cases} x = t, \\ y = \frac{t+1}{t} \end{cases}$ | 1 | 3,5 | 14 | $\vec{r} = t(1-t)\vec{i} + t\vec{j}$ | 0 | 4,4 |
| 15 | $\begin{cases} x = t - \pi, \\ y = t(t+1) \end{cases}$ | 1 | 4 | 16 | $\vec{r} = t(t-1)\vec{i} - t \cdot \vec{j}$ | 1 | 6 |
| 17 | $\begin{cases} x = t, \\ y = \frac{t+1}{t} \end{cases}$ | 2 | 9 | 18 | $\vec{r} = (t+1)\vec{i} + t \cdot \vec{j}$ | 0 | 3,14 |

№ варианта – это порядковый номер фамилии в журнальном списке группы.

Таблица 5. Исходные данные к задаче 1 для 4-й группы

| № варианта | Уравнения | t_1, c | t_2, c | № варианта | Уравнение | t_1, c | t_2, c |
|------------|--|----------|----------|------------|---|----------|----------|
| 4-я группа | | | | | | | |
| 1 | $\begin{cases} x = 1 \cdot t^2, \\ y = 1 \cdot t^2 \end{cases}$ | 1 | 4 | 2 | $\vec{r} = t\vec{i} + t\vec{j}$ | 2 | 10 |
| 3 | $\begin{cases} x = 1 \cdot t, \\ y = 1 \cdot t(1+t) \end{cases}$ | 0 | 20 | 4 | $\vec{r} = t\vec{i} - t \cdot \vec{j}$ | 4 | 6 |
| 5 | $\begin{cases} x = 1 \cdot t^2, \\ y = 1 \cdot t^2 \end{cases}$ | 1 | 6 | 6 | $\vec{r} = t\vec{i} - t(1-t)\vec{j}$ | 1 | 8 |
| 7 | $\begin{cases} x = 1 \cdot e^t, \\ y = t \cdot e^{-t} \end{cases}$ | 0 | 5 | 8 | $\vec{r} = t \cdot \vec{i} - t\vec{j}$ | 1 | 7 |
| 9 | $\begin{cases} x = 1 - 1t, \\ y = 1 - t^2 \end{cases}$ | 1 | 5 | 10 | $\vec{r} = t \cdot \vec{i} + t(1+t)\vec{j}$ | 1 | 4 |
| 11 | $\begin{cases} x = t - \pi, \\ y = t(t+1) \end{cases}$ | 5 | 10 | 12 | $\vec{r} = (t+1)\vec{i} + t \cdot \vec{j}$ | 4 | 10 |
| 13 | $\begin{cases} x = t, \\ y = \frac{t+1}{t} \end{cases}$ | 2 | 4 | 14 | $\vec{r} = t(1-t)\vec{i} + t\vec{j}$ | 0 | 10 |
| 15 | $\begin{cases} x = t - \pi, \\ y = t(t+1) \end{cases}$ | 1 | 7 | 16 | $\vec{r} = t(t-1)\vec{i} - t \cdot \vec{j}$ | 1 | 6 |
| 17 | $\begin{cases} x = t, \\ y = \frac{t+1}{t} \end{cases}$ | 1 | 5 | 18 | $\vec{r} = (t+1)\vec{i} + t \cdot \vec{j}$ | 2 | 15 |

№ варианта – это порядковый номер фамилии в журнальном списке группы.

Таблица 6. Исходные данные к задаче 1 для 5-й группы

| № варианта | Уравнения | t_1, c | t_2, c | № варианта | Уравнение | t_1, c | t_2, c |
|------------|--|----------|----------|------------|---|----------|----------|
| 5-я группа | | | | | | | |
| 1 | $\begin{cases} x = 1 \cdot t^2, \\ y = 1 \cdot t^2 \end{cases}$ | 1 | 4 | 2 | $\vec{r} = t\vec{i} + t\vec{j}$ | 2 | 10 |
| 3 | $\begin{cases} x = 1 \cdot t, \\ y = 1 \cdot t(1+t) \end{cases}$ | 0 | 20 | 4 | $\vec{r} = t\vec{i} - t \cdot \vec{j}$ | 4 | 6 |
| 5 | $\begin{cases} x = 1 \cdot t^2, \\ y = 1 \cdot t^2 \end{cases}$ | 1 | 6 | 6 | $\vec{r} = t\vec{i} - t(1-t)\vec{j}$ | 1 | 8 |
| 7 | $\begin{cases} x = 1 \cdot e^t, \\ y = t \cdot e^{-t} \end{cases}$ | 0 | 5 | 8 | $\vec{r} = t \cdot \vec{i} - t\vec{j}$ | 1 | 7 |
| 9 | $\begin{cases} x = 1 - 1t, \\ y = 1 - t^2 \end{cases}$ | 1 | 5 | 10 | $\vec{r} = t \cdot \vec{i} + t(1+t)\vec{j}$ | 1 | 4 |
| 11 | $\begin{cases} x = t - \pi, \\ y = t(t+1) \end{cases}$ | 5 | 10 | 12 | $\vec{r} = (t+1)\vec{i} + t \cdot \vec{j}$ | 4 | 10 |
| 13 | $\begin{cases} x = t, \\ y = \frac{t+1}{t} \end{cases}$ | 2 | 4 | 14 | $\vec{r} = t(1-t)\vec{i} + t\vec{j}$ | 0 | 10 |
| 15 | $\begin{cases} x = t - \pi, \\ y = t(t+1) \end{cases}$ | 1 | 7 | 16 | $\vec{r} = t(t-1)\vec{i} - t \cdot \vec{j}$ | 1 | 6 |
| 17 | $\begin{cases} x = t, \\ y = \frac{t+1}{t} \end{cases}$ | 1 | 5 | 18 | $\vec{r} = (t+1)\vec{i} + t \cdot \vec{j}$ | 2 | 15 |

№ варианта – это порядковый номер фамилии в журнальном списке группы.

1-я группа

Задача № 2². Снаряд выпущен со скоростью V под углом α к горизонту из пушки, стоящей на холме высотой 100 метров.

Требуется изобразить движение снаряда в поле Земли с помощью графика (не забудьте пронумеровать рисунки и графики в РГР) и определить:

1. Полное время полета.
А. Для решения используйте алгоритм применения законов кинематики к решению задачи.
Б. На последнем шаге необходимо использовать уравнение $y(t)$, учитывая, что в точке падения тела координата $y=0$, из которого можно определить время движения.
2. Дальность полета снаряда (расстояние от основания снаряда до точки падения в долине).
А. Используйте, полученное в предыдущем пункте, время полета – его необходимо подставить в уравнение $x(t)$, из которого теперь можно определить дальность полета.
3. Скорость в момент $\frac{3}{4}$ всего времени полета.
А. Для решения необходимо определить отдельно проекцию вектора скорости по оси Ox и проекцию вектора скорости по оси Oy для этого конкретного момента времени, а затем применить теорему Пифагора.
4. Угол падения (угол между вектором скорости и горизонтом в момент касания земли).
А. Для решения необходимо определить отдельно проекцию вектора скорости по оси Ox и проекцию вектора скорости по оси Oy для этого конкретного момента времени.
Б. Нарисовать в масштабе полученные значения проекций вектора скорости в точке касания Земли и найти значение угла с помощью определения тангенса угла.

² Физический объект — одинаковый для всех студентов. Исходные данные — индивидуальные для студента. Требования задачи — разные для групп.

Таблица 7. Исходные данные к задаче 2 для 1 группы

| № варианта | V, м/с | α , град |
|------------|--------|-----------------|
| 1 | 10 | 30 |
| 2 | 20 | 45 |
| 3 | 30 | 60 |
| 4 | 40 | 30 |
| 5 | 50 | 45 |
| 6 | 60 | 60 |
| 7 | 10 | 30 |
| 8 | 20 | 45 |
| 9 | 30 | 60 |
| 10 | 40 | 30 |
| 11 | 50 | 45 |
| 12 | 60 | 60 |
| 13 | 10 | 30 |
| 14 | 20 | 45 |
| 15 | 30 | 60 |
| 16 | 40 | 30 |
| 17 | 60 | 60 |
| 18 | | |

2-я группа

Задача № 2³. Снаряд выпущен со скоростью V под углом α к горизонту из пушки, стоящей на холме высотой 200 метров.

Требуется изобразить движение снаряда в поле Земли с помощью графика (не забудьте пронумеровать рисунки и графики в РГР) и определить:

1. Дальность полета снаряда (расстояние от основания снаряда до точки падения в долине, используйте для этого уравнения движения в проекции на ось Ox);
2. Время полета (используйте для этого условие: координата $Y = 0$ в уравнении движения в проекции на ось Ox);
3. Скорость снаряда в момент времени, равный $1/3$ всего времени полета (от момента запуска до момента касания земли);
4. Угол между вектором скорости и вектором ускорения в момент касания земли.

Таблица 8. Исходные данные к задаче 2 для 2 группы

| № варианта | V , м/с | α , град |
|------------|-----------|-----------------|
| 1 | 10 | 30 |
| 2 | 20 | 45 |
| 3 | 30 | 60 |
| 4 | 40 | 30 |
| 5 | 50 | 45 |
| 6 | 60 | 60 |
| 7 | 10 | 30 |
| 8 | 20 | 45 |
| 9 | 30 | 60 |
| 10 | 40 | 30 |
| 11 | 50 | 45 |
| 12 | 60 | 60 |
| 13 | 10 | 30 |
| 14 | 20 | 45 |
| 15 | 30 | 60 |
| 16 | 40 | 30 |
| 17 | 50 | 45 |
| 18 | 60 | 60 |

³ Физический объект — одинаковый для всех студентов. Исходные данные — индивидуальные для студента. Требования задачи — разные для групп.

3-я группа

Задача № 2⁴. Снаряд выпущен со скоростью V под углом α к горизонту из пушки, стоящей на холме высотой 300 метров.

Требуется изобразить движение снаряда в поле Земли с помощью графика (не забудьте пронумеровать рисунки и графики в РГР) и определить:

1. Дальность полета снаряда (расстояние от основания снаряда до точки падения в долине, используйте для этого уравнения движения в проекции на ось OX);
2. Время полета (используйте для этого условие: координата $Y = 0$ в уравнении движения в проекции на ось OX),
3. Время движения до самой верхней точки,
4. Угол между вектором скорости и вектором ускорения в момент времени, равный $3/4$ всего времени полета снаряда (от момента запуска до момента касания земли).

Таблица 9. Исходные данные к задаче 2 для 3 группы

| № варианта | V , м/с | α , град |
|------------|-----------|-----------------|
| 1 | 10 | 30 |
| 2 | 20 | 45 |
| 3 | 30 | 60 |
| 4 | 40 | 30 |
| 5 | 50 | 45 |
| 6 | 60 | 60 |
| 7 | 10 | 30 |
| 8 | 20 | 45 |
| 9 | 30 | 60 |
| 10 | 40 | 30 |
| 11 | 50 | 45 |
| 12 | 60 | 60 |
| 13 | 10 | 30 |
| 14 | 20 | 45 |
| 15 | 30 | 60 |
| 16 | 40 | 30 |
| 17 | 50 | 45 |
| 18 | 60 | 60 |

⁴ Физический объект — одинаковый для всех студентов. Исходные данные — индивидуальные для студента. Требования задачи — разные для групп.

4-я группа

Задача № 2⁵. Снаряд выпущен со скоростью V под углом α к горизонту из пушки, стоящей на холме высотой 400 метров.

Требуется изобразить движение снаряда в поле Земли с помощью графика (не забудьте пронумеровать рисунки и графики в РГР) и определить:

1. Дальность полета снаряда (расстояние от основания снаряда до точки падения в долине, используйте для этого уравнения движения в проекции на ось OX);
2. Время полета (используйте для этого условие: координата $Y = 0$ в уравнении движения в проекции на ось OX);
3. Время, когда скорость станет равной половине начальной скорости;
4. Угол падения (угол между вектором скорости и горизонтом в момент касания земли).

Таблица 10. Исходные данные к задаче 2 для 4 группы

| № варианта | V , м/с | α , град |
|------------|-----------|-----------------|
| 1 | 10 | 30 |
| 2 | 20 | 45 |
| 3 | 30 | 60 |
| 4 | 40 | 30 |
| 5 | 50 | 45 |
| 6 | 60 | 60 |
| 7 | 10 | 30 |
| 8 | 20 | 45 |
| 9 | 30 | 60 |
| 10 | 40 | 30 |
| 11 | 50 | 45 |
| 12 | 60 | 60 |
| 13 | 10 | 30 |
| 14 | 20 | 45 |
| 15 | 30 | 60 |
| 16 | 40 | 30 |
| 17 | 50 | 45 |
| 18 | 60 | 60 |

⁵ Физический объект — одинаковый для всех студентов. Исходные данные — индивидуальные для студента. Требования задачи — разные для групп.

5-я группа

Задача № 2^б. Снаряд выпущен со скоростью V под углом α к горизонту из пушки, стоящей на холме высотой 500 метров.

Требуется изобразить движение снаряда в поле Земли с помощью графика (не забудьте пронумеровать рисунки и графики в РГР) и определить:

1. Дальность полета снаряда (расстояние от основания снаряда до точки падения в долине, используйте для этого уравнения движения в проекции на ось Ox);
2. Время полета (используйте для этого условие: координата $Y = 0$ в уравнении движения в проекции на ось Ox);
3. Скорость снаряда в момент времени, равный $3/2$ времени полета (от момента запуска до момента касания земли);
4. Угол между вектором тангенциального ускорения и вектором полного ускорения в этот момент времени.

Таблица 11. Исходные данные к задаче 2 для 5 группы

| № варианта | V , м/с | α , град |
|------------|-----------|-----------------|
| 1 | 10 | 30 |
| 2 | 20 | 45 |
| 3 | 30 | 60 |
| 4 | 40 | 30 |
| 5 | 50 | 45 |
| 6 | 60 | 60 |
| 7 | 10 | 30 |
| 8 | 20 | 45 |
| 9 | 30 | 60 |
| 10 | 40 | 30 |
| 11 | 50 | 45 |
| 12 | 60 | 60 |
| 13 | 10 | 30 |
| 14 | 20 | 45 |
| 15 | 30 | 60 |
| 16 | 40 | 30 |
| 17 | 50 | 45 |
| 18 | 60 | 60 |

б Физический объект — одинаковый для всех студентов. Исходные данные — индивидуальные для студента. Требования задачи — разные для групп.

2.2. Исследуем вращение твердого тела (кинематика)

Задача № 3⁷. Вращение точек тела вокруг неподвижной оси задано уравнением $\varphi(t)$, единица угла поворота — радиан. Положительный угол отсчитываем против часовой стрелки (от горизонтального направления).

Требуется изобразить с помощью рисунка вращение тела (не забудьте пронумеровать рисунки и графики в РГР) и изобразите на нем векторы линейной скорости и угловой скорости, углового ускорения, нормального ускорения, тангенциального ускорения, полного ускорения для точек, отстоящих на расстоянии R от оси вращения для выбранного вами момента времени. Требуется определить:

1. Угловую скорость и угловое ускорение тела.
 - Зависимость угловой скорости вращающегося тела от времени определяется с помощью производной от углового перемещения.
 - Зависимость углового ускорения вращающегося тела от времени определяется с помощью производной от угловой скорости.
2. Угловую скорость и угловое ускорение тела в момент времени t_1 (см. исходные данные в таблицах 12-16).
 - Угловую скорость вращающегося тела в момент времени t_1 , подставляя значение времени в уравнение угловой скорости.
 - Угловое ускорение вращающегося тела в момент времени t_1 , подставляя значение времени в уравнение углового ускорения.
3. Среднее угловое ускорение за промежуток времени от t_1 до t_2 (см. исходные данные в таблицах 12-16).
 - Угловую скорость вращающегося тела в момент времени t_1 (оно уже определено выше).
 - Угловую скорость вращающегося тела в момент времени t_2 , подставляя значение времени в уравнение угловой скорости.
 - Среднее угловое ускорение за промежуток времени от t_1 до t_2 , используя формулу для определения средней угловой скорости.
4. Тангенциальное, нормальное, полное ускорения точек тела, отстоящих на расстояние R от оси.
 - Зависимость от времени тангенциального ускорений точек тела определяется строгим использованием формулы-определения этого ускорения.
 - Зависимость от времени нормального ускорений точек тела определяется строгим использованием формулы-определения этого ускорения.
 - Зависимость от времени вектора и модуля ускорения точек тела определяются строгим использованием формул-определений для этого ускорения.

Требуется исследовать:

5. Существует ли момент времени, когда изменяется направление вращения тела, тело повернет в другую сторону?

⁷ Физический объект — одинаковый для всех студентов. Практические данные — индивидуальные для студента. Требования задачи — общие для всех студентов.

- Проанализируйте, существует ли момент времени, когда скорость обращается в ноль, для анализа используйте уравнение угловой скорости, приравняв ее к нулю.

1-я группа

Таблица 12. Исходные данные к задаче 3

| № варианта | Уравнение | t_1, c | t_2, c | R, cm |
|------------|--------------------------------|----------|----------|---------|
| 1 | $\varphi = 2t - 4t^3$ | 1 | 3 | 10 |
| 2 | $\varphi = 4 \sin \pi t$ | 0.5 | 1.25 | 12 |
| 3 | $\varphi = 4t - t^2$ | 1 | 2 | 20 |
| 4 | $\varphi = 2\pi (6t - 3t^2)$ | 0.5 | 3 | 4 |
| 5 | $\varphi = t^2 - 2t^3$ | 0.5 | 1 | 10 |
| 6 | $\varphi = 3 \sin(\pi t/2)$ | 1 | 2 | 6 |
| 7 | $\varphi = 5t - t^3$ | 0,2 | 2 | 28 |
| 8 | $\varphi = 2 \sin(\pi t/4)$ | 0,5 | 4 | 16 |
| 9 | $\varphi = \pi (3t - 6t^2)$ | 1 | 2 | 15 |
| 10 | $\varphi = 7t - t^3$ | 0.2 | 2 | 20 |
| 11 | $\varphi = \pi (5t - 2t^2)$ | 1 | 3 | 10 |
| 12 | $\varphi = 2t - 4t^3$ | 0,5 | 1,5 | 20 |
| 13 | $\varphi = 5t - t^3$ | 1 | 4 | 10 |
| 14 | $\varphi = 0,5\pi (4t - 2t^2)$ | 3 | 5 | 25 |
| 15 | $\varphi = t^2 - 2t^3$ | 1 | 4 | 12 |
| 16 | $\varphi = 3 \sin(\pi t/2)$ | 2 | 8 | 26 |

2-я группа

Таблица 13. Исходные данные к задаче 3

| № варианта | Уравнение | t_1, c | t_2, c | R, cm |
|------------|--------------------------------|----------|----------|---------|
| 1 | $\varphi = 2t - 2t^3$ | 1 | 3 | 10 |
| 2 | $\varphi = 3 \sin \pi t$ | 0,5 | 1.25 | 15 |
| 3 | $\varphi = 2t^3 - t$ | 1 | 1.25 | 8 |
| 4 | $\varphi = 2\pi(6t - 3t^2)$ | 0,5 | 3 | 14 |
| 5 | $\varphi = t^2 - 2t^3$ | 0,5 | 1 | 10 |
| 6 | $\varphi = 3 \sin (\pi t/2)$ | 1 | 2 | 16 |
| 7 | $\varphi = 7t + t^3$ | 0,6 | 4 | 22 |
| 8 | $\varphi = 3t - 2t^3$ | 1 | 2 | 14 |
| 9 | $\varphi = 0,5\pi (4t - 2t^2)$ | 2 | 5 | 18 |
| 10 | $\varphi = 5t - t^3$ | 1 | 4 | 10 |
| 11 | $\varphi = 2 \sin (\pi t/4)$ | 0,8 | 1,6 | 20 |
| 12 | $\varphi = 4t + t^2$ | 1 | 2 | 24 |
| 13 | $\varphi = 3t^2 - 2t^3$ | 0,6 | 2,4 | 30 |
| 14 | $\varphi = 6\pi (t - 2t^3)$ | 5 | 7 | 80 |

| | | | | |
|----|------------------------------|-----|---|----|
| 15 | $\varphi = t^3 - 3t$ | 2 | 3 | 36 |
| 16 | $\varphi = 10\pi (t^3 - 2t)$ | 2 | 6 | 40 |
| 17 | $\varphi = 3t + 2t^3$ | 1 | 2 | 12 |
| 18 | $\varphi = t - 2t^3$ | 0,5 | 1 | 10 |

3-я группа

Таблица 14. Исходные данные к задаче 3

| № варианта | Уравнение | t_1, c | t_2, c | R, cm |
|------------|--------------------------------|----------|----------|---------|
| 1 | $\varphi = 2t - 4t^3$ | 1 | 3 | 60 |
| 2 | $\varphi = 4 \sin \pi t$ | 0,5 | 1,25 | 30 |
| 3 | $\varphi = 4t - t^2$ | 1 | 2 | 20 |
| 4 | $\varphi = 2\pi (6t - 3t^2)$ | 0,5 | 3 | 40 |
| 5 | $\varphi = t^2 - 2t^3$ | 0,5 | 1 | 30 |
| 6 | $\varphi = 3 \sin (\pi t/2)$ | 1 | 2 | 60 |
| 7 | $\varphi = 5t - t^3$ | 0,2 | 2 | 50 |
| 8 | $\varphi = 2 \sin (\pi t/4)$ | 0,5 | 4 | 80 |
| 9 | $\varphi = \pi (3t - 6t^2)$ | 1 | 2 | 90 |
| 10 | $\varphi = 7t - t^3$ | 0,2 | 2 | 20 |
| 11 | $\varphi = \pi (5t - 2t^2)$ | 1 | 3 | 10 |
| 12 | $\varphi = 2t - 4t^3$ | 0,5 | 1,5 | 70 |
| 13 | $\varphi = 5t - t^3$ | 1 | 4 | 10 |
| 14 | $\varphi = 0,5\pi (4t - 2t^2)$ | 3 | 5 | 25 |
| 15 | $\varphi = t^2 - 2t^3$ | 1 | 4 | 40 |
| 16 | $\varphi = 3 \sin (\pi t/2)$ | 2 | 8 | 50 |

4-я группа

Таблица 15. Исходные данные к задаче 3

| № варианта | Уравнение | t_1, c | t_2, c | R, cm |
|------------|--------------------------------|----------|----------|---------|
| 1 | $\varphi = 2t - 2t^3$ | 1 | 3 | 15 |
| 2 | $\varphi = 3 \sin \pi t$ | 0,5 | 1,25 | 40 |
| 3 | $\varphi = 2t^3 - t$ | 1 | 1,25 | 30 |
| 4 | $\varphi = 2\pi(6t - 3t^2)$ | 0,5 | 3 | 30 |
| 5 | $\varphi = t^2 - 2t^3$ | 0,5 | 1 | 20 |
| 6 | $\varphi = 3 \sin (\pi t/2)$ | 1 | 2 | 80 |
| 7 | $\varphi = 7t + t^3$ | 0,6 | 4 | 90 |
| 8 | $\varphi = 3t - 2t^3$ | 1 | 2 | 60 |
| 9 | $\varphi = 0,5\pi (4t - 2t^2)$ | 2 | 5 | 50 |
| 10 | $\varphi = 5t - t^3$ | 1 | 4 | 70 |
| 11 | $\varphi = 2\sin (\pi t/4)$ | 0,8 | 1,6 | 20 |
| 12 | $\varphi = 4t + t^2$ | 1 | 2 | 20 |
| 13 | $\varphi = 3t^2 - 2t^3$ | 0,6 | 2,4 | 40 |
| 14 | $\varphi = 6\pi (t - 2t^3)$ | 5 | 7 | 50 |

| | | | | |
|----|------------------------------|-----|---|----|
| 15 | $\varphi = t^3 - 3t$ | 2 | 3 | 70 |
| 16 | $\varphi = 10\pi (t^3 - 2t)$ | 2 | 6 | 80 |
| 17 | $\varphi = 3t + 2t^3$ | 1 | 2 | 12 |
| 18 | $\varphi = t - 2t^3$ | 0,5 | 1 | 10 |

5 группа

Таблица 16. Исходные данные к задаче 3

| № варианта | Уравнение | t_1 , с | t_2 , с | R , см |
|------------|--------------------------------|-----------|-----------|----------|
| 1 | $\varphi = 2t - 4t^3$ | 1 | 3 | 25 |
| 2 | $\varphi = 4 \sin \pi t$ | 0,5 | 1,25 | 60 |
| 3 | $\varphi = 4t - t^2$ | 1 | 2 | 20 |
| 4 | $\varphi = 2\pi (6t - 3t^2)$ | 0,5 | 3 | 80 |
| 5 | $\varphi = t^2 - 2t^3$ | 0,5 | 1 | 30 |
| 6 | $\varphi = 3 \sin (\pi t/2)$ | 1 | 2 | 30 |
| 7 | $\varphi = 5t - t^3$ | 0,2 | 2 | 50 |
| 8 | $\varphi = 2 \sin (\pi t/4)$ | 0,5 | 4 | 70 |
| 9 | $\varphi = \pi (3t - 6t^2)$ | 1 | 2 | 90 |
| 10 | $\varphi = 7t - t^3$ | 0,2 | 2 | 40 |
| 11 | $\varphi = \pi (5t - 2t^2)$ | 1 | 3 | 40 |
| 12 | $\varphi = 2t - 4t^3$ | 0,5 | 1,5 | 50 |
| 13 | $\varphi = 5t - t^3$ | 1 | 4 | 20 |
| 14 | $\varphi = 0,5\pi (4t - 2t^2)$ | 3 | 5 | 20 |
| 15 | $\varphi = t^2 - 2t^3$ | 1 | 4 | 60 |
| 16 | $\varphi = 3 \sin (\pi t/2)$ | 2 | 8 | 10 |

Задача № 4⁸. Электродвигатель вращается с определенной частотой. После отключения его от источника питания, он останавливается через t , с. Исследуйте вращение твердого тела и проанализируйте результаты исследования. Исходные данные приведены в таблицах 17-21.

Требуется определить:

1. Кинематический закон (уравнение) движения тела.
 - Это уравнения движения тела для угла-поворота и угловой скорости с числовыми коэффициентами, записанные для любого момента времени.
2. Угловое ускорение (оно здесь неизменно) и угол поворота до остановки.
 - Перепишите уравнения движения тела для углового перемещения и угловой скорости для момента остановки и проанализируйте, какую величину можно найти из них.
 - Определите угловое ускорение из полученного на предыдущем шаге уравнения для угловой скорости.

⁸ Физический объект — одинаковый для всех студентов. Практические данные — индивидуальные для студента. Требования задачи — общие для всех студентов.

- Определите угловое перемещение (угол поворота) из полученных для момента остановки уравнений движения.

3. Число оборотов до остановки.

- Используйте уравнение связи между углом поворота и числом оборотов для определения числа оборотов.

1-я группа

Таблица 17. Исходные данные к задаче 4

| № варианта | Частота, об/мин | t , с | № варианта | Частота, об/мин | t , с |
|------------|-----------------|---------|------------|-----------------|---------|
| 1 | 120 | 1 | 9 | 122 | 9 |
| 2 | 124 | 2 | 10 | 154 | 10 |
| 3 | 128 | 3 | 11 | 160 | 11 |
| 4 | 136 | 4 | 12 | 156 | 12 |
| 5 | 130 | 5 | 13 | 144 | 13 |
| 6 | 140 | 6 | 14 | 158 | 14 |
| 7 | 142 | 7 | 15 | 138 | 15 |
| 8 | 150 | 8 | 16 | 146 | 16 |

2-я группа

Таблица 18. Исходные данные к задаче 4

| № варианта | Частота, об/мин | t , с | № варианта | Частота, об/мин | t , с |
|------------|-----------------|---------|------------|-----------------|---------|
| 1 | 120 | 1 | 9 | 122 | 9 |
| 2 | 124 | 2 | 10 | 154 | 10 |
| 3 | 128 | 3 | 11 | 160 | 11 |
| 4 | 136 | 4 | 12 | 156 | 12 |
| 5 | 130 | 5 | 13 | 144 | 13 |
| 6 | 140 | 6 | 14 | 158 | 14 |
| 7 | 142 | 7 | 15 | 138 | 15 |
| 8 | 150 | 8 | 16 | 146 | 16 |

3 группа

Таблица 19. Исходные данные к задаче 4

| № варианта | Частота, об/мин | t , с | № варианта | Частота, об/мин | t , с |
|------------|-----------------|---------|------------|-----------------|---------|
| 1 | 120 | 1 | 9 | 122 | 9 |
| 2 | 124 | 2 | 10 | 154 | 10 |
| 3 | 128 | 3 | 11 | 160 | 11 |
| 4 | 136 | 4 | 12 | 156 | 12 |
| 5 | 130 | 5 | 13 | 144 | 13 |
| 6 | 140 | 6 | 14 | 158 | 14 |
| 7 | 142 | 7 | 15 | 138 | 15 |
| 8 | 150 | 8 | 16 | 146 | 16 |

4 группа

Таблица 20. Исходные данные к задаче 4

| № варианта | Частота, об/мин | t , с | № варианта | Частота, об/мин | t , с |
|------------|-----------------|---------|------------|-----------------|---------|
| 1 | 120 | 1 | 9 | 122 | 9 |
| 2 | 124 | 2 | 10 | 154 | 10 |
| 3 | 128 | 3 | 11 | 160 | 11 |
| 4 | 136 | 4 | 12 | 156 | 12 |
| 5 | 130 | 5 | 13 | 144 | 13 |
| 6 | 140 | 6 | 14 | 158 | 14 |
| 7 | 142 | 7 | 15 | 138 | 15 |
| 8 | 150 | 8 | 16 | 146 | 16 |

2.3. Исследуем поступательное движение твердого тела (кинематика и динамика)

Физический объект – разный для групп.

Практические данные – индивидуальные для студента.

Требования задачи – общие для всех студентов.

Задача № 5. Два бруска соскальзывают с наклонных плоскостей, расположенных под углом 30 и 45 градусов, без начальной скорости (см. рисунки). Если трением пренебречь нельзя, то коэффициент трения для первого бруска равен 0,15. Исходные данные на рисунках и в таблицах 21-22.

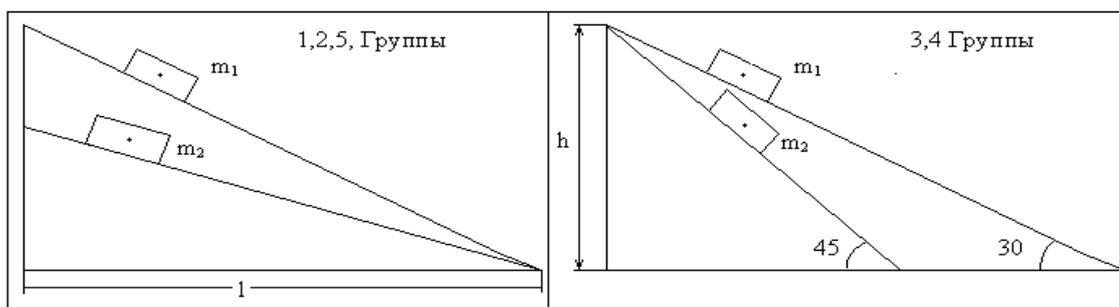


Рис. 1.

Рис. 2

Требуется изобразить движение тел на наклонных плоскостях для вашего варианта и определить:

1. скорость в точке касания горизонтальной поверхности и время движения по наклонной плоскости каждого бруска в случае, когда силами трения можно пренебречь (решите задачу двумя способами — с помощью 2-го закона Ньютона и с помощью закона сохранения энергии).
 - А. Запишите Первый закон Ньютона для исследуемого движения брусков в векторной форме и в проекциях на выбранные оси. Какие величины в уравнениях имеют заданное значение? Что позволяют найти уравнения?
 - Б. Решите полученную систему уравнений и определите ускорения брусков.
 - В. Запишите уравнения поступательного движения тела по наклонной плоскости в проекции на выбранную ось (для любого момента времени).
 - Г. Запишите уравнения поступательного движения тела по наклонной плоскости в проекции на выбранную ось для момента касания горизонтальной поверхности.
 - Д. Решите полученную систему уравнений и определите скорость в точке касания горизонтальной поверхности и время движения брусков по наклонной плоскости.
 - Е. Запишите закон сохранения механической энергии для исследуемого движения брусков. Какие величины в уравнениях имеют практическое значение? Что позволяют найти уравнения?
 - Ж. Определите скорость в точке касания горизонтальной поверхности (с помощью закона сохранения энергии).
2. Коэффициент трения для силы трения, действующей на второй брусок, в случае, когда силами трения нельзя пренебречь (бруски достигают оснований клина не одновременно — время движения второго бруска в 1,4 раза больше времени движения первого бруска).
 - А. Запишите законы, полученные в п.1 с учетом силы трения для каждого бруска. Какие законы позволяют найти коэффициент трения?
 - Б. Запишите уравнения движения для перемещения (пути) и скорости (они не изменяются по отношению к п.1.) для каждого бруска. Как учесть в этих уравнениях тот факт, что время движения разное?
 - В. Решите полученную систему уравнений и определите коэффициент трения.
3. Путь, пройденный одним из брусков (любого, на Ваш выбор) в случае, когда силами трения нельзя пренебречь (*коэффициенты трения на горках и горизонтальных участках обоих тел одинаковы*).
 - А. Запишите уравнения движения для перемещения (пути) и скорости (они не изменяются по отношению к п.1.). Какие величины в уравнениях имеют практическое значение? Что позволяют найти уравнения?

- Б. Решите полученную систему уравнений и определите путь бруска (можно использовать полученную из системы уравнений движения формулу для определения пути).
4. Постройте графики изменения энергий бруска в случае, когда силами трения можно пренебречь (изобразите на одном графике, как изменяются три вида энергии от величины, указанной в таблице 23).
- А. Запишите уравнение и постройте график изменения потенциальной энергии от времени, или от высоты, или от длины основания.
- Б. Запишите уравнение и постройте график изменения кинетической энергии от времени, или от высоты, или от длины основания.
- В. Запишите уравнение и постройте график полной механической энергий от времени, или от высоты, или от длины основания. Или используйте для определения полной механической энергии закон ее сохранения (полная механическая энергия сохраняется, если силами трения можно пренебречь).

Обозначения в таблицах 21-23:

h — высота для каждого тела,

l — основание клина,

t — время движения от вершины до основания клина (могут быть разными).

Четные варианты

Таблица 21. Исходные данные к задаче 5

| 1-я группа | | | | 2-я группа | | | |
|------------|---------|------------|------------|------------|---------|------------|------------|
| № вар-та | l , м | m_1 , кг | m_2 , кг | № вар-та | h , м | m_1 , кг | m_2 , кг |
| 1 | 5 | 0,5 | 1 | 1 | 5 | 0,5 | 1 |
| 2 | 10 | 1 | 2 | 2 | 10 | 1 | 4 |
| 4 | 20 | 2 | 4 | 4 | 20 | 2 | 4 |
| 6 | 30 | 3 | 4 | 6 | 30 | 3 | 6 |
| 8 | 40 | 4 | 6 | 8 | 40 | 4 | 6 |
| 10 | 50 | 5 | 6 | 10 | 50 | 5 | 8 |
| 12 | 60 | 6 | 8 | 12 | 60 | 6 | 8 |
| 14 | 70 | 7 | 8 | 14 | 70 | 7 | 10 |
| 16 | 80 | 8 | 10 | 16 | 80 | 8 | 10 |
| 18 | 90 | 9 | 10 | 18 | 90 | 9 | 12 |
| 3-я группа | | | | 4-я группа | | | |
| 1 | 50 | 5 | 10 | 1 | 50 | 5 | 14 |
| 2 | 100 | 10 | 12 | 2 | 100 | 10 | 14 |
| 4 | 110 | 11 | 12 | 4 | 110 | 11 | 14 |
| 6 | 120 | 12 | 14 | 6 | 120 | 12 | 16 |
| 8 | 130 | 13 | 14 | 8 | 130 | 13 | 16 |
| 10 | 140 | 14 | 16 | 10 | 140 | 14 | 18 |
| 12 | 150 | 15 | 16 | 12 | 150 | 15 | 18 |
| 14 | 160 | 16 | 18 | 14 | 160 | 16 | 20 |

| | | | | | | | |
|------------|-----|----|----|----|-----|----|----|
| 16 | 170 | 17 | 18 | 16 | 170 | 17 | 20 |
| 18 | 180 | 18 | 20 | 18 | 180 | 18 | 22 |
| 5-я группа | | | | | | | |
| 1 | 100 | 10 | 12 | 1 | 100 | 10 | 14 |
| 2 | 190 | 19 | 20 | 10 | 190 | 19 | 24 |
| 4 | 200 | 20 | 22 | 12 | 200 | 20 | 26 |
| 6 | 210 | 21 | 22 | 14 | 210 | 21 | 26 |
| 8 | 220 | 22 | 24 | 16 | 220 | 22 | 28 |

Нечетные варианты

Таблица 22. Исходные данные к задаче 5

| 1-я группа | | | | 2-я группа | | | |
|------------|---------|------------|------------|------------|---------|------------|------------|
| № вар-та | l , м | m_1 , кг | m_2 , кг | № вар-та | h , м | m_1 , кг | m_2 , кг |
| 1 | 10 | 1 | 3 | 1 | 10 | 1 | 5 |
| 3 | 20 | 2 | 3 | 3 | 20 | 2 | 5 |
| 5 | 30 | 3 | 5 | 5 | 30 | 3 | 7 |
| 7 | 40 | 4 | 5 | 7 | 40 | 4 | 7 |
| 9 | 50 | 5 | 7 | 9 | 50 | 5 | 9 |
| 11 | 60 | 6 | 7 | 11 | 60 | 6 | 9 |
| 13 | 70 | 7 | 9 | 13 | 70 | 7 | 11 |
| 15 | 80 | 8 | 9 | 15 | 80 | 8 | 11 |
| 17 | 90 | 9 | 11 | 17 | 90 | 9 | 13 |
| 3-я группа | | | | 4-я группа | | | |
| 1 | 100 | 10 | 11 | 1 | 100 | 10 | 11 |
| 3 | 110 | 11 | 13 | 3 | 110 | 11 | 13 |
| 5 | 120 | 12 | 15 | 5 | 120 | 12 | 15 |
| 7 | 130 | 13 | 15 | 7 | 130 | 13 | 15 |
| 9 | 140 | 14 | 17 | 9 | 140 | 14 | 17 |
| 11 | 150 | 15 | 17 | 11 | 150 | 15 | 17 |
| 13 | 160 | 16 | 19 | 13 | 160 | 16 | 19 |
| 15 | 170 | 17 | 19 | 15 | 170 | 17 | 19 |
| 17 | 180 | 18 | 19 | 17 | 180 | 18 | 19 |
| 5-я группа | | | | | | | |
| 1 | 190 | 19 | 21 | 9 | 190 | 19 | 23 |
| 3 | 200 | 20 | 21 | 11 | 200 | 20 | 23 |
| 5 | 210 | 21 | 23 | 13 | 210 | 21 | 25 |
| 7 | 220 | 22 | 23 | 15 | 220 | 22 | 25 |

Таблица 23. К задаче № 5

| № вар-та | Группы | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>h</i> | <i>l</i> |
| 2 | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>t</i> | <i>l</i> | <i>h</i> | <i>t</i> | <i>h</i> |
| 3 | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>l</i> | <i>t</i> |
| 4 | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>h</i> | <i>l</i> |
| 5 | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>t</i> | <i>h</i> |
| 6 | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>l</i> | <i>t</i> |
| 7 | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>h</i> | <i>t</i> | <i>l</i> | <i>h</i> | <i>l</i> |
| 8 | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>t</i> | <i>h</i> |
| 9 | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>l</i> |
| 10 | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>t</i> | <i>h</i> |
| 11 | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>l</i> | <i>t</i> |
| 12 | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>h</i> | <i>l</i> |
| 13 | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>t</i> | <i>h</i> |
| 14 | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>h</i> | <i>l</i> |
| 15 | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>t</i> | <i>h</i> |
| 16 | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>l</i> | <i>t</i> |
| 17 | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>h</i> | <i>l</i> |
| 18 | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>t</i> | <i>h</i> |
| 19 | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>l</i> | <i>t</i> |
| 20 | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>h</i> | <i>l</i> |
| 21 | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>t</i> | <i>h</i> |
| 22 | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>l</i> | <i>t</i> | <i>l</i> | <i>t</i> |

2.4. Исследуем движения связанных тел (кинематика и динамика)

Физический объект – одинаковый для всех студентов.

Практические данные – индивидуальные для студента.

Требования задачи – общие для всех студентов.

Задача № 6. К нити, перекинутой через блок, подвесили грузы мас-
сами m_1 и m_2 , радиус блока R , масса блока m_6 .

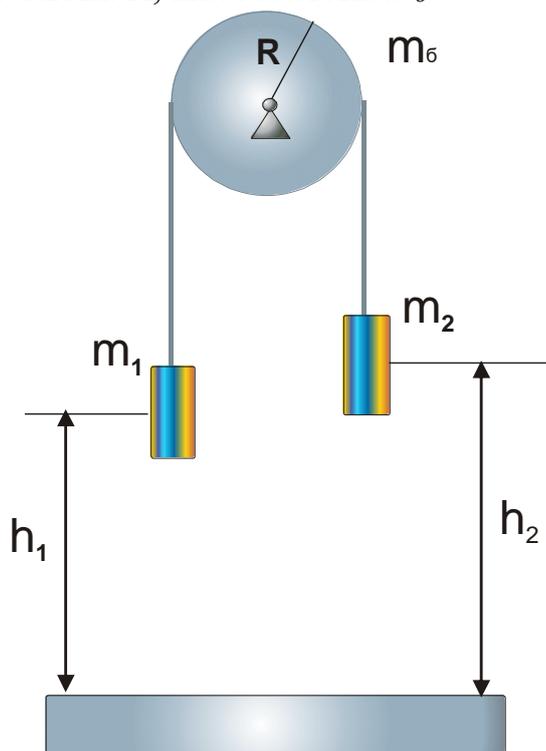


Рис. 3

Требуется нарисовать рисунок системы тел и определить:

1. Момент сил, действующих на блок, вращающийся без трения, и ускорение блока.

А. Изобразите рисунок и укажите на нем силы, действующие на тела.

Б. Запишите уравнение моментов сил для блока в векторном виде и в проекции на ось, перпендикулярную плоскости рисунка.

В. Запишите формулу-определение и определите момент инерции для блока.

Г. Определите момент сил, действующих на блок.

Д. Запишите уравнение связи между тангенциальным ускорением точек на ободе блока и линейным ускорением грузов.

Е. Решите полученную систему уравнений и определите ускорение блока.

2. Одну из кинематических величин, которая стоит под знаком вопроса в варианте вашего задания (*время поворота t , или угол поворота, или скорость v_1 первого груза, или скорость второго груза v_2*) для мо-

мента времени, когда один из грузов коснется опоры (используйте методы и приемы, которым научились при решении предыдущих задач).

Таблица 24. Исходные данные к задаче 6

| 1-, 3-, 5-я группы ($R = 0,4$ м) | | | | | | | 2-, 4-я группы ($R = 0,2$ м) | | | | | | |
|-----------------------------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------------|-------------------------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------------|
| № в-та | m_0 , кг | m_1 , кг | m_2 , кг | h_1 , м | h_2 , м | ? | № в-та | m_0 , кг | m_1 , кг | m_2 , кг | h_1 , м | h_2 , м | ? |
| 1 | 1 | 5 | 1 | 1 | 5 | t | 1 | 2 | 5 | 1 | 1 | 4 | v_1 |
| 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 4 | $\Delta\varphi$ | 2 | 3 | 4 | 2 | 2 | 4 | v_2 |
| 3 | 3 | 10 | 2 | 1 | 5 | v_1 | 3 | 4 | 10 | 2 | 1 | 5 | t |
| 4 | 4 | 10 | 4 | 1 | 2 | v_2 | 4 | 5 | 10 | 4 | 1 | 2 | $\Delta\varphi$ |
| 5 | 5 | 10 | 5 | 1 | 3 | t | 5 | 6 | 10 | 5 | 1 | 3 | v_2 |
| 6 | 6 | 10 | 1 | 0,5 | 2 | $\Delta\varphi$ | 6 | 7 | 10 | 1 | 0,5 | 2 | t |
| 7 | 7 | 12 | 2 | 0,6 | 3 | v_1 | 7 | 8 | 12 | 1 | 0,4 | 3 | $\Delta\varphi$ |
| 8 | 8 | 15 | 5 | 0,5 | 2 | v_2 | 8 | 9 | 15 | 4 | 0,3 | 2 | v_1 |
| 9 | 9 | 20 | 5 | 0,8 | 4 | $\Delta\varphi$ | 9 | 10 | 20 | 12 | 0,5 | 3 | t |
| 10 | 10 | 20 | 6 | 0,4 | 5 | v_1 | 10 | 11 | 20 | 4 | 0,4 | 5 | $\Delta\varphi$ |
| 11 | 11 | 20 | 2 | 0,5 | 4 | v_2 | 11 | 12 | 20 | 2 | 0,6 | 2 | v_1 |
| 12 | 12 | 25 | 5 | 1 | 4 | t | 12 | 13 | 25 | 4 | 1 | 4 | v_2 |
| 13 | 13 | 25 | 6 | 1 | 5 | $\Delta\varphi$ | 13 | 14 | 25 | 8 | 1 | 6 | t |
| 14 | 14 | 30 | 5 | 1 | 4 | v_1 | 14 | 15 | 25 | 4 | 2 | 8 | $\Delta\varphi$ |
| 15 | 15 | 30 | 10 | 2 | 6 | v_2 | 15 | 16 | 25 | 10 | 1 | 10 | v_1 |
| 16 | 16 | 30 | 12 | 2 | 10 | t | 16 | 17 | 30 | 14 | 1 | 8 | v_2 |
| 17 | 17 | 30 | 20 | 1 | 10 | $\Delta\varphi$ | 17 | 18 | 30 | 8 | 2 | 10 | t |
| 18 | 18 | 32 | 12 | 0,5 | 10 | v_1 | 18 | 19 | 35 | 4 | 1 | 10 | $\Delta\varphi$ |
| 19 | 19 | 30 | 10 | 1 | 10 | v_2 | 19 | 20 | 38 | 4 | 0,4 | 6 | v_1 |
| 20 | 20 | 35 | 4 | 1 | 8 | t | 20 | 21 | 48 | 5 | 0,2 | 3 | v_2 |

2.5. Исследуем вращение твердого тела (динамика, энергетический подход)

Физический объект – индивидуальный для студента.

Практические данные – индивидуальные для студента.

Требования задачи – общие для всех студентов.

Задача № 7. Тело одновременно вращается вокруг своей оси и вокруг оси, не совпадающей с осью симметрии, но параллельной ей. Закон вращения тела вокруг своей оси представлен уравнением (для всех вариантов) $\varphi = Nt^3$ рад, где N-номер варианта студента. Форма тела и его размеры заданы в таблицах 25-34.

1. Требуется изобразить с помощью рисунка данное вращающееся тело для случая, когда оно вращается только вокруг оси, совпадающей с осью

симметрии и определить основные характеристики вращения тела вокруг оси симметрии:

- Момент инерции тела.
- Кинетическую энергию тела (для любого момента).
- Кинетическую энергию тела в моменты времени t_1 и t_2
- Изменение кинетической энергии тела за промежутки времени от t_1 до t_2 .
- Работу внешних сил, вызвавших это изменение.

2. Требуется изобразить с помощью рисунка данное вращающееся тело для случая, когда оно одновременно вращается вокруг оси, совпадающей с осью симметрии, и вокруг оси, не совпадающей с осью симметрии, но параллельной ей. Учтите, что ось, параллельная оси симметрии тела, отстоит от нее на расстоянии D (значение D равно 0,2 м). Закон движения вокруг этой оси для всех вариантов $\varphi = Kt$ рад, где K -номер группы студента. Требуется определить основные характеристики вращающегося тела в данном случае, то есть, когда наблюдается одновременное вращение тела вокруг оси симметрии и вокруг оси, не совпадающей с осью симметрии.

- Определите то же, что и в п. 2 с учетом теоремы Штейнера.
- Сравните, полученные результаты вращения тела вокруг оси, не совпадающей с осью симметрии, с результатами расчета вращения тела только вокруг оси симметрии. Проанализируйте, разными ли будут в рассмотренных случаях вращений моменты инерции тела, кинетические энергии тела, изменения кинетических энергий тела за промежутки времени от t_1 до t_2 ., работа внешних сил, вызвавших эти изменения.

3. Требуется построить графики зависимости углового ускорения от времени и момента силы от времени для случая, когда тело вращается только вокруг своей оси симметрии и проанализируйте, какой вид они имеют.

- Определите зависимость углового ускорения от времени, для этого необходимо дважды взять производную от углового перемещения по времени ($\varphi = Nt^3$ рад).
- График зависимости углового ускорения от времени можно построить, используя вид полученного в предыдущем пункте уравнения.
- График зависимости момента силы от времени $M(t)$ можно построить после того, как построен график зависимости углового ускорения от времени, если использовать основной закон динамики вращательного движения для определения вида этого графика.

Обозначения в таблицах 25-34:

m — масса тела.

1-я группа. Нечетные варианты

Таблица 25. Исходные данные к задаче 7

| № варианта | Тело | m , кг |
|------------|----------------------------------|----------|
| 1 | Диск | 1 |
| 3 | Стержень закреплённый концом | 0,8 |
| 5 | Цилиндр | 9 |
| 7 | Шар | 3 |
| 9 | Стержень закреплённый посередине | 4 |
| 11 | Обруч | 5 |
| 13 | Стержень закреплённый концом | 6 |
| 15 | Диск | 10 |

1-я группа. Четные варианты

Таблица 26. Исходные данные к задаче 7

| № варианта | Тело | m , кг |
|------------|-----------------------------------|----------|
| 2 | Обруч | 1 |
| 4 | Шар | 0.8 |
| 6 | Цилиндр | 2 |
| 8 | Диск | 3 |
| 10 | Стержень, закреплённый посередине | 4 |
| 12 | Цилиндр | |
| 14 | Стержень закреплённый концом | |
| 16 | Обруч | 7 |

2 группа. Нечетные варианты

Таблица 27. Исходные данные к задаче 7

| № варианта | Тело | m , кг |
|------------|----------------------------------|----------|
| 1 | Диск | 1 |
| 3 | Стержень закреплённый концом | 0.8 |
| 5 | Цилиндр | 9 |
| 7 | Шар | 3 |
| 9 | Стержень закреплённый посередине | 4 |
| 11 | Обруч | 5 |
| 13 | Стержень закреплённый концом | 6 |
| 15 | Диск | 10 |

2 группа. Четные варианты

Таблица 28. Исходные данные к задаче 7

| № варианта | Тело | <i>m</i> , кг |
|------------|-----------------------------------|---------------|
| 2 | Обруч | 1 |
| 4 | Шар | 0.8 |
| 6 | Цилиндр | 2 |
| 8 | Диск | 3 |
| 10 | Стержень, закреплённый посередине | 4 |
| 12 | Цилиндр | |
| 14 | Стержень закреплённый концом | |
| 16 | Обруч | 7 |

3 группа. Нечетные варианты

Таблица 29. Исходные данные к задаче 7

| № варианта | Тело | <i>m</i> , кг |
|------------|----------------------------------|---------------|
| 1 | Диск | 1 |
| 3 | Стержень закреплённый концом | 0.8 |
| 5 | Цилиндр | 9 |
| 7 | Шар | 3 |
| 9 | Стержень закреплённый посередине | 4 |
| 11 | Обруч | 5 |
| 13 | Стержень закреплённый концом | 6 |
| 15 | Диск | 10 |

3 группа. Четные варианты

Таблица 30. Исходные данные к задаче 7

| № варианта | Тело | <i>m</i> , кг |
|------------|-----------------------------------|---------------|
| 2 | Обруч | 1 |
| 4 | Шар | 0.8 |
| 6 | Цилиндр | 2 |
| 8 | Диск | 3 |
| 10 | Стержень, закреплённый посередине | 4 |
| 12 | Цилиндр | 2 |
| 14 | Стержень закреплённый концом | 5 |
| 16 | Обруч | 7 |

4 группа. Нечетные варианты

Таблица 31. Исходные данные к задаче 7

| № варианта | Тело | <i>m</i> , кг |
|------------|----------------------------------|---------------|
| 1 | Диск | 1 |
| 3 | Стержень закреплённый концом | 0.8 |
| 5 | Цилиндр | 9 |
| 7 | Шар | 3 |
| 9 | Стержень закреплённый посередине | 4 |
| 11 | Обруч | 5 |
| 13 | Стержень закреплённый концом | 6 |
| 15 | Диск | 10 |

4 группа. Четные варианты

Таблица 32. Исходные данные к задаче 7

| № варианта | Тело | <i>m</i> , кг |
|------------|-----------------------------------|---------------|
| 2 | Обруч | 1 |
| 4 | Шар | 0.8 |
| 6 | Цилиндр | 2 |
| 8 | Диск | 3 |
| 10 | Стержень, закреплённый посередине | 4 |
| 12 | Цилиндр | 2 |
| 14 | Стержень закреплённый концом | 5 |
| 16 | Обруч | 7 |

5 группа. Нечетные варианты

Таблица 33. Исходные данные к задаче 7

| № варианта | Тело | <i>m</i> , кг |
|------------|----------------------------------|---------------|
| 1 | Шар | 1 |
| 3 | Цилиндр | 0.8 |
| 5 | Стержень закреплённый концом | 9 |
| 7 | Диск | 3 |
| 9 | Обруч | 4 |
| 11 | Стержень закреплённый посередине | 5 |
| 13 | Стержень закреплённый концом | 6 |
| 15 | Диск | 10 |

5 группа. Четные варианты

Таблица 34. Исходные данные к задаче 7

| № варианта | Тело | m , кг |
|------------|----------------------------------|----------|
| 2 | Шар | 1 |
| 4 | Цилиндр | 0.8 |
| 6 | Стержень закреплённый концом | 2 |
| 8 | Диск | 3 |
| 10 | Обруч | 4 |
| 12 | Стержень закреплённый посередине | 2 |
| 14 | Стержень закреплённый концом | 5 |
| 16 | Диск | 7 |

2.6. Исследуем равновесие тела (статика)

Физический объект – одинаковый для всех студентов.

Практические данные – индивидуальные для студента.

Требования задачи – общие для всех студентов.

Задача № 8. К идеально гладкой стене приставлена лестница под углом 60° к горизонту. Массой лестницы можно пренебречь. Если для решения задачи будет необходима масса человека, возьмите в качестве заданной величины массу своего тела.

Требуется определить:

1. При какой силе трения лестница не будет скользить.
 2. На какое расстояние может подняться вдоль лестницы человек.
- А. Для решения необходимо записать условия равновесия тела в общем случае.
- Б. Переписать условия равновесия тела для рассматриваемого конкретного случая и ответить на вопрос, какие величины можно определить из условий равновесия?

Обозначения в таблице 35:

L — длина лестницы; μ — коэффициент трения между лестницей и полом.

Таблица 35. Исходные данные к задаче 8

| № варианта | 2-я группа | | 3-я группа | | 4-я группа | | 5-я группа | |
|------------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|
| | $L, м$ | μ |
| 1 | 4,1 | 0,32 | 4,1 | 0,33 | 4,1 | 0,34 | 4,1 | 0,35 |
| 2 | 4,2 | 0,32 | 4,2 | 0,33 | 4,2 | 0,34 | 4,2 | 0,35 |
| 3 | 4,3 | 0,32 | 4,3 | 0,33 | 4,3 | 0,34 | 4,3 | 0,35 |
| 4 | 4,4 | 0,32 | 4,4 | 0,33 | 4,4 | 0,34 | 4,4 | 0,35 |
| 5 | 4,5 | 0,32 | 4,5 | 0,33 | 4,5 | 0,34 | 4,5 | 0,35 |
| 6 | 4,6 | 0,32 | 4,6 | 0,33 | 4,6 | 0,34 | 4,6 | 0,35 |
| 7 | 4,7 | 0,32 | 4,7 | 0,33 | 4,7 | 0,34 | 4,7 | 0,35 |
| 8 | 4,8 | 0,32 | 4,8 | 0,33 | 4,8 | 0,34 | 4,8 | 0,35 |
| 9 | 4,9 | 0,32 | 4,9 | 0,33 | 4,9 | 0,34 | 4,9 | 0,35 |
| 10 | 5,0 | 0,32 | 5,0 | 0,33 | 5,0 | 0,34 | 5,0 | 0,35 |
| 11 | 5,1 | 0,32 | 5,1 | 0,33 | 5,1 | 0,34 | 5,1 | 0,35 |
| 12 | 5,2 | 0,32 | 5,2 | 0,33 | 5,2 | 0,34 | 5,2 | 0,35 |
| 13 | 5,3 | 0,32 | 5,3 | 0,33 | 5,3 | 0,34 | 5,3 | 0,35 |
| 14 | 5,4 | 0,32 | 5,4 | 0,33 | 5,4 | 0,34 | 5,4 | 0,35 |
| 15 | 5,5 | 0,32 | 5,5 | 0,33 | 5,5 | 0,34 | 5,5 | 0,35 |
| 16 | 5,6 | 0,32 | 5,6 | 0,33 | 5,6 | 0,34 | 5,6 | 0,35 |
| 17 | 5,7 | 0,32 | 5,7 | 0,33 | 5,7 | 0,34 | 5,7 | 0,35 |
| 18 | 5,8 | 0,32 | 5,8 | 0,33 | 5,8 | 0,34 | 5,8 | 0,35 |

3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

3.1. Определение центра масс плоского тела

1. Что такое центр масс (укажите формулу, что характеризует центр масс, какова единица измерения, скалярная или векторная величина, если векторная, то как направлена)?
2. Какая формула определяет радиус-вектор центра масс, какие проекции радиус-вектора центра масс, что в них входит?
3. Какие величины нужны для расчета центра масс любого тела?
4. Какие есть способы определения центра масс (подсказка: геометрический и аналитический), в чем они заключаются?
5. Как рассчитать центр масс не сплошного тела (придумайте задачу с таким телом и определите его центр масс)?

3.2. Абсолютно упругое и абсолютно неупругое соударения

1. Какова «сущность» (отличительные признаки) абсолютно упругого соударения, как создать абсолютно упругое соударение?
2. Каковы основные законы абсолютно упругого соударения, в чем их физический смысл?
3. Какие величины входят в законы абсолютно упругого соударения?
4. Какие можно получить уравнения-следствия на основе законов абсолютно упругого соударения, проанализируйте их (примените законы сохранения импульса и энергии к исследованию соударения)?
5. Какова «сущность» (отличительные признаки) абсолютно неупругого соударения, как создать абсолютно неупругое соударение?
6. Каковы основные законы абсолютно неупругого соударения, в чем их физический смысл?
7. Какие величины входят в законы абсолютно неупругого соударения?
8. Какие можно получить уравнения-следствия на основе абсолютно неупругого соударения, проанализируйте их (примените законы сохранения импульса и энергии к исследованию соударения)?
9. Сравните результаты, полученные для абсолютно упругого и абсолютно неупругого соударений, какие выводы об импульсе и энергии можно сделать для них?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фирганг, Е.В. Руководство к решению задач по курсу общей физики [Текст] : учеб. пособие для вузов / Е.В. Фирганг. — 4-е изд., испр. — СПб. : Лань, 2009. — 352 с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).

2. Корявов, В.П. Методы решения задач в общем курсе физики. Термодинамика и молекулярная физика [Текст] : учеб. пособие для вузов / В.П. Корявов. — М. : Высшая школа, 2009. — 358 с. : ил.

3. Решение задач по курсу общей физики [Текст] : учеб. пособие для вузов / Рогачев Н.М., ред. — 2-е изд., испр. — СПб. : Лань, 2008. — 304 с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).

4. Бухман, Н.С. Упражнения по физике [Текст] : учеб. пособие для вузов / Н.С. Бухман. — 2-е изд., испр. и доп. — СПб. : Лань, 2008. — 96 с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Департамент научно-технологической политики и образования
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Костромская государственная сельскохозяйственная академия»
Факультет инженерно-технологический
Направление подготовки 35.03.06 «Агроинженерия»
Профиль: «_____»

Кафедра физики и автоматики

РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА №1 ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ФИЗИКА» МОДУЛЬ «МЕХАНИКА»

1. Криволинейное движение материальной точки (кинематика)
2. Вращательное движение твердого тела (кинематика):
3. Поступательное движение твердого тела (кинематика и динамика):
4. Движение связанных тел (кинематика и динамика).
5. Вращательное движение тела (динамика).
6. Равновесие тел (статика).
7. Центр масс плоского тела.
8. Абсолютно упругое и абсолютно неупругое соударения тел.

Выполнил:

Студент _____ группы _____
Подпись *Фамилия И.О.*

Проверил:

Профессор кафедры физики и автоматики _____ Мамаева И.А.

Каравеево 20__ г.

Образец оформления листа заданий

1-я группа, вариант 7

Задача № 1

| № | Нечетные варианты | t_1, c | t_2, c |
|---|---|----------|----------|
| 7 | $\begin{cases} x = 1 \cdot e^t, \\ y = t \cdot e^{-t}. \end{cases}$ | 0 | 4 |

Задача № 2

| № варианта | $V, m/c$ | $\alpha, \text{град}$ | H, m |
|------------|----------|-----------------------|--------|
| 7 | 10 | 30 | 100 |

Задача № 3

| № | Уравнение | t_1, c | t_2, c | R, cm |
|---|----------------------|----------|----------|---------|
| 7 | $\varphi = 5t - t_3$ | 0,2 | 2 | 28 |

Задача № 4

| № | Частота, об/мин | t, c |
|---|-----------------|--------|
| 7 | 142 | 7 |

Задача № 5

| № | l, m | $m_1, кг$ | $m_2, кг$ | 1-я группа |
|---|--------|-----------|-----------|------------|
| 7 | 70 | 7 | 8 | h |

Задача № 6

| № | $m_6, кг$ | $m_1, кг$ | $m_2, кг$ | h_1, m | h_2, m | ? |
|---|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-------|
| 7 | 7 | 12 | 2 | 0,6 | 3 | v_1 |

Задача № 7

| № | Тело | $m, кг$ |
|---|------|---------|
| 7 | Шар | 3 |

Задача № 8

| № | L, m | μ |
|---|--------|-------|
| 7 | 4,7 | 0,32 |

Шаблон для оформления листа заданий

1-я группа, вариант 7

Задача № 1

| № | Нечетные варианты | t_1, c | t_2, c |
|---|-------------------|----------|----------|
| | | | |

Задача № 2 (если есть в решении, если нет – данную таблицу не заполняем)

| № варианта | $V, м/с$ | $\alpha, град$ | $H, м$ |
|------------|----------|----------------|--------|
| | | | |

Задача № 3

| № | Уравнение | t_1, c | t_2, c | $R, см$ |
|---|-----------|----------|----------|---------|
| | | | | |

Задача № 4

| № | Частота, об/мин | t, c |
|---|-----------------|--------|
| | | |

Задача № 5

| № | $l, м$ | $m_1, кг$ | $m_2, кг$ | 1-я группа |
|---|--------|-----------|-----------|------------|
| | | | | |

Задача № 6

| № | $m_6, кг$ | $m_1, кг$ | $m_2, кг$ | $h_1, м$ | $h_2, м$ | ? |
|---|-----------|-----------|-----------|----------|----------|---|
| | | | | | | |

Задача № 7

| № | Тело | $m, кг$ |
|---|------|---------|
| | | |

Задача № 8

| № | $L, м$ | μ |
|---|--------|-------|
| | | |