МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
[Полное название вуза]

Инженерно-строительный факультет
Кафедра общей физики

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

по дисциплине «Физика»

на тему: «Механика, молекулярная физика и электричество»

Расчётно-графическая работа № 1, вариант 5

Направление подготовки 08.03.01 Строительство

Выполнил(а): студент гр. ____

_____ / И. О. Фамилия

Проверил(а): _____

_____ / И. О. Фамилия

[Город] 2026

Пример работы, выполненной в Универ AI · univerai.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Задача 1. Движение тела, брошенного под углом к горизонту.....3
Задача 2. Движение бруска по наклонной плоскости.....4
Задача 3. Баллистический маятник.....5
Задача 4. Изобарное нагревание идеального газа.....6
Задача 5. Электростатическое поле двух точечных зарядов.....7
Задача 6. Расчёт цепи постоянного тока.....8
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....9

Задача 1. Движение тела, брошенного под углом к горизонту

Условие. Камень бросили с поверхности земли со скоростью $v_0 = 20$ м/с под углом $\alpha = 30°$ к горизонту. Сопротивлением воздуха пренебречь, $g = 9{,}81$ м/с². Найти время полёта, наибольшую высоту подъёма, дальность полёта, а также модуль и направление скорости через $t = 1{,}5$ с после броска.

Решение. Движение раскладывается на два независимых: равномерное по горизонтали со скоростью $v_0\cos\alpha$ и равнозамедленное по вертикали с начальной скоростью $v_0\sin\alpha$ [1]. Начальные проекции скорости: $v_{0x} = 20 \cdot \cos 30° = 17{,}32$ м/с, $v_{0y} = 20 \cdot \sin 30° = 10$ м/с.

Время полёта находим из условия $y = 0$ в момент падения. Для наибольшей высоты нужна верхняя точка: там вертикальная проекция скорости обращается в нуль, а горизонтальная остаётся прежней:

$$t_п = \frac{2v_0\sin\alpha}{g} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 0{,}5}{9{,}81} = 2{,}04 \text{ с},$$

$$H = \frac{v_0^2\sin^2\alpha}{2g} = \frac{20^2 \cdot 0{,}5^2}{2 \cdot 9{,}81} = 5{,}10 \text{ м}.$$

Дальность полёта равна горизонтальной скорости, умноженной на время полёта. Через синус двойного угла это выглядит так:

$$L = \frac{v_0^2\sin 2\alpha}{g} = \frac{400 \cdot 0{,}866}{9{,}81} = 35{,}3 \text{ м}.$$

Через 1,5 с горизонтальная проекция скорости не изменилась и равна 17,32 м/с, а вертикальная стала $v_y = 10 - 9{,}81 \cdot 1{,}5 = -4{,}72$ м/с. Знак минус означает, что камень уже миновал верхнюю точку и опускается. Модуль скорости и угол с горизонтом:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{17{,}32^2 + 4{,}72^2} = 17{,}95 \text{ м/с}.$$

Здесь $\operatorname{tg}\beta = v_y/v_x = -4{,}72/17{,}32$. Отсюда $\beta \approx -15{,}2°$: скорость направлена на 15,2° ниже горизонта. Траектория показана на рисунке 1. Для реального

камня сопротивление воздуха уменьшило бы и высоту, и дальность, но при скорости 20 м/с поправка невелика.

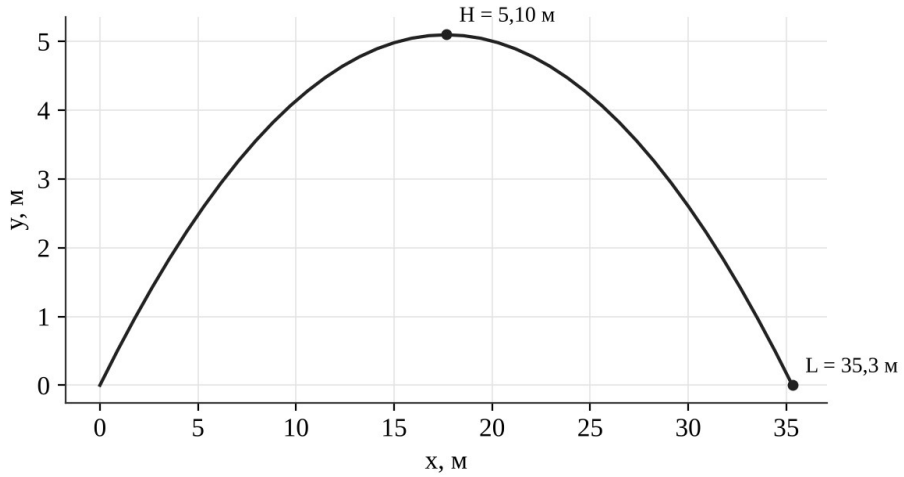


Рисунок 1 – Траектория камня (v_0 = 20 м/с, α = 30°)

Ответ: $t_р$ = 2,04 с; H = 5,10 м; L = 35,3 м; через 1,5 с скорость равна 17,95 м/с и направлена под углом 15,2° ниже горизонта.

Задача 2. Движение бруска по наклонной плоскости

Условие. Брусок массой m = 2 кг соскальзывает без начальной скорости с наклонной плоскости, угол наклона которой α = 30°. Коэффициент трения скольжения μ = 0,2. Найти силу нормального давления, силу трения, ускорение бруска, его скорость и пройденный путь через 2 с после начала движения.

Решение. На брусок действуют сила тяжести mg, сила реакции опоры N и сила трения Fтр, направленная вверх вдоль плоскости. Ось x направим вниз вдоль наклонной плоскости, ось y перпендикулярно ей. Второй закон Ньютона в проекциях [2]:

$$Ox:\ ma = mg\sin\alpha - F_{тр}, \qquad Oy:\ 0 = N - mg\cos\alpha.$$

Из второго уравнения N = mg cos α = 2 · 9,81 · 0,866 = 16,99 Н, сила трения Fтр = μN = 0,2 · 16,99 = 3,40 Н. Масса в выражении для ускорения сокращается:

$$a = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) = 9{,}81 \cdot (0{,}5 - 0{,}2 \cdot 0{,}866) = 3{,}21\ \text{м/с}^2.$$

Брусок действительно начнёт скользить, так как tg 30° = 0,577 больше μ = 0,2. При μ ≥ 0,577 он остался бы в покое. Движение равноускоренное без начальной скорости, поэтому

$$v = at = 3{,}21 \cdot 2 = 6{,}41 \text{ м/с}, \qquad s = \frac{at^2}{2} = \frac{3{,}21 \cdot 4}{2} = 6{,}41 \text{ м}.$$

Числа для v и s совпали случайно: at = at²/2 только при t = 2 с.

Ответ: N = 17,0 Н; Fтр = 3,40 Н; a = 3,21 м/с²; через 2 с v = 6,41 м/с, s = 6,41 м.

Задача 3. Баллистический маятник

Условие. Пуля массой m = 9 г, летящая горизонтально со скоростью v = 600 м/с, попадает в ящик с песком массой M = 3 кг, подвешенный на нити длиной l = 1,5 м, и застревает в нём. Найти скорость ящика сразу после удара, высоту его подъёма, угол отклонения нити и долю кинетической энергии пули, перешедшую во внутреннюю энергию.

Решение. Удар неупругий. Он длится очень короткое время, за которое нить не успевает заметно отклониться. Внешние силы в горизонтальном направлении за это время импульса не передают, и для системы «пуля — ящик» выполняется закон сохранения импульса [3]:

$$mv = (m + M)\,u \quad \Rightarrow \quad u = \frac{mv}{m + M} = \frac{0{,}009 \cdot 600}{3{,}009} = 1{,}795 \text{ м/с}.$$

После удара механическая энергия сохраняется: кинетическая энергия ящика с пулей переходит в потенциальную. Отсюда высота подъёма и угол отклонения:

$$h = \frac{u^2}{2g} = \frac{1{,}795^2}{2 \cdot 9{,}81} = 0{,}164 \text{ м}, \qquad \cos\beta = 1 - \frac{h}{l} = 0{,}891.$$

Угол β = arccos 0,891 ≈ 27,1°. Кинетическая энергия пули до удара E_0 = mv²/2 = 0,009 · 600²/2 = 1620 Дж, а системы сразу после удара E_1 = (m + M)u²/2 = 4,85 Дж. Доля энергии, ушедшая на нагрев и деформацию песка:

$$\frac{E_0 - E_1}{E_0} = \frac{M}{m+M} = \frac{3}{3{,}009} = 0{,}997.$$

Почти вся энергия пули рассеивается, механической остаётся только 0,3 %. Поэтому скорость пули в таком опыте определяют по импульсу, а закон сохранения механической энергии к самому удару применять нельзя.

Ответ: u = 1,80 м/с; h = 16,4 см; β ≈ 27,1°; во внутреннюю энергию перешло 99,7 % кинетической энергии пули.

Задача 4. Изобарное нагревание идеального газа

Условие. Кислород массой m = 64 г нагревают при постоянном давлении p = 2 · 10⁵ Па от T_1 = 300 K до T_2 = 400 K. Считая газ идеальным, найти начальный и конечный объёмы, работу газа, изменение внутренней энергии и полученное количество теплоты.

Решение. Молярная масса кислорода M = 32 г/моль, количество вещества ν = m/M = 2 моль. Молекула O_2 двухатомная, при комнатной температуре i = 5 степеней свободы. Молярная газовая постоянная R = 8,314 Дж/(моль·K) [4]. Объёмы находим из уравнения Менделеева — Клапейрона:

$$V_1 = \frac{\nu R T_1}{p} = \frac{2 \cdot 8{,}314 \cdot 300}{2 \cdot 10^5} = 0{,}0249 \text{ м}^3, \qquad V_2 = 0{,}0333 \text{ м}^3.$$

Работа газа при изобарном процессе равна $p(V_2 - V_1) = \nu R\Delta T$, изменение внутренней энергии определяется числом степеней свободы, а теплоту даёт первое начало термодинамики $Q = \Delta U + A$ [3]:

$$A = \nu R\,\Delta T = 2 \cdot 8{,}314 \cdot 100 = 1663 \text{ Дж},$$

$$\Delta U = \frac{i}{2}\,\nu R\,\Delta T = \frac{5}{2} \cdot 1663 = 4157 \text{ Дж},$$

$$Q = \Delta U + A = \frac{i+2}{2}\,\nu R\,\Delta T = 4157 + 1663 = 5820 \text{ Дж}.$$

Проверка через объёмы: $p(V_2 - V_1) = 2 \cdot 10^5 \cdot (0{,}033258 - 0{,}024943) = 1663$ Дж, результат совпадает. На работу уходит доля $A/Q = 2/(i + 2) = 2/7 \approx 28{,}6\ \%$ полученной теплоты, остальное идёт на нагрев газа.

Ответ: $V_1 = 24{,}9$ л; $V_2 = 33{,}3$ л; $A = 1{,}66$ кДж; $\Delta U = 4{,}16$ кДж; $Q = 5{,}82$ кДж.

Задача 5. Электростатическое поле двух точечных зарядов

Условие. Точечные заряды $q_1 = +4$ нКл и $q_2 = -2$ нКл находятся в вакууме на расстоянии $d = 10$ см друг от друга. Найти силу их взаимодействия, напряжённость и потенциал поля в середине отрезка между зарядами, а также точку на прямой, где напряжённость равна нулю.

Решение. Коэффициент в законе Кулона $k = 1/(4\pi\varepsilon_0) = 8{,}99 \cdot 10^9$ Н·м²/Кл², где $\varepsilon_0 = 8{,}854 \cdot 10^{-12}$ Ф/м [4; 5]. Сила их притяжения:

$$F = k\frac{|q_1 q_2|}{d^2} = 8{,}99 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-9} \cdot 2 \cdot 10^{-9}}{0{,}1^2} = 7{,}19 \cdot 10^{-6}\ \text{Н}.$$

В середине отрезка ($r = 5$ см от каждого заряда) вектор E_1 от положительного заряда направлен от q_1 к q_2, вектор E_2 от отрицательного заряда тоже направлен к q_2. Векторы сонаправлены, их модули складываются по принципу суперпозиции [6; 7]:

$$E = k\frac{|q_1| + |q_2|}{r^2} = 8{,}99 \cdot 10^9 \cdot \frac{6 \cdot 10^{-9}}{0{,}05^2} = 2{,}16 \cdot 10^4\ \text{В/м}.$$

Потенциал — скаляр. Потенциалы складываются с учётом знаков:

$$\varphi = k\frac{q_1 + q_2}{r} = 8{,}99 \cdot 10^9 \cdot \frac{(4 - 2) \cdot 10^{-9}}{0{,}05} = 359{,}6\ \text{В}.$$

Где же поле обращается в нуль? Только не между зарядами: там оба вектора смотрят в одну сторону. Слева от большего заряда q_1 поле q_1 всегда сильнее. Остаётся область справа от q_2, на расстоянии x от него:

$$\frac{|q_1|}{(d+x)^2} = \frac{|q_2|}{x^2} \;\Rightarrow\; \frac{d+x}{x} = \sqrt{2} \;\Rightarrow\; x = \frac{d}{\sqrt{2}-1} = 24{,}1 \text{ см}.$$

Ответ: F = 7,19 мкН; в середине отрезка E = 21,6 кВ/м, φ = 360 В; E = 0 на продолжении прямой за зарядом q_2, в 24,1 см от него (34,1 см от q_1).

Задача 6. Расчёт цепи постоянного тока

Условие. Источник с ЭДС ε = 12 В и внутренним сопротивлением r = 0,5 Ом питает внешнюю цепь: резисторы R_1 = 4 Ом и R_2 = 6 Ом соединены параллельно, и к ним последовательно подключён резистор R_3 = 1,1 Ом. Найти ток в каждом резисторе, напряжение на зажимах источника, полезную мощность и КПД источника.

Решение. Начнём со схемы замещения. Параллельный участок R_1R_2 заменяем одним эквивалентным сопротивлением, затем прибавляем последовательно включённый R_3:

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{4 \cdot 6}{10} = 2{,}4 \text{ Ом}, \qquad R = R_{12} + R_3 = 3{,}5 \text{ Ом}.$$

Ток в неразветвлённой части цепи даёт закон Ома для полной цепи [1]:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{12}{3{,}5 + 0{,}5} = 3 \text{ А}.$$

Этот ток проходит через R_3 и через источник. Напряжение на параллельном участке $U_{12} = I \cdot R_{12} = 3 \cdot 2{,}4 = 7{,}2$ В, откуда $I_1 = 7{,}2/4 = 1{,}8$ А и $I_2 = 7{,}2/6 = 1{,}2$ А. Сумма 1,8 + 1,2 = 3 А совпадает с полным током, как требует первое правило Кирхгофа.

Напряжение на зажимах источника $U = \varepsilon - Ir = 12 - 1{,}5 = 10{,}5$ В, оно же равно $I \cdot R = 3 \cdot 3{,}5 = 10{,}5$ В. Полезная мощность и КПД:

$$P_{пол} = UI = 10{,}5 \cdot 3 = 31{,}5 \text{ Вт}, \qquad \eta = \frac{U}{\varepsilon} = \frac{10{,}5}{12} = 0{,}875.$$

Баланс мощностей сходится. Источник отдаёт εI = 36 Вт, внутри него теряется I^2r = 4,5 Вт, и 31,5 + 4,5 = 36 Вт.

Ответ: I_1 = 1,8 А; I_2 = 1,2 А; I_3 = 3 А; U = 10,5 В; P = 31,5 Вт; η = 87,5 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Трофимова, Т. И. Краткий курс физики с примерами решения задач : учебное пособие / Т. И. Трофимова. – Москва : КноРус, 2019. – 279 с. – ISBN 978-5-406-05994-4.

2. Иродов, И. Е. Механика. Основные законы / И. Е. Иродов. – 15-е изд., электрон. – Москва : Лаборатория знаний, 2021. – ISBN 978-5-93208-519-6.

3. Савельев, И. В. Курс физики : в 3 томах. Том 1. Механика. Молекулярная физика / И. В. Савельев. – 10-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 356 с. – ISBN 978-5-507-47075-4.

4. CODATA Internationally recommended 2022 values of the Fundamental Physical Constants // NIST : официальный сайт. – URL: https://physics.nist.gov/cuu/Constants/Table/allascii.txt (дата обращения: 22.10.2026). – Текст : электронный.

5. ГОСТ 8.417-2002. Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин : межгосударственный стандарт : дата введения 2003-09-01. – URL: https://meganorm.ru/Data1/11/11594/index.htm (дата обращения: 22.10.2026). – Текст : электронный.

6. Иродов, И. Е. Электромагнетизм. Основные законы / И. Е. Иродов. – 12-е изд., электрон. – Москва : Лаборатория знаний, 2021. – ISBN 978-5-93208-520-2.

7. Сборник задач по общему курсу физики : в 3 ч. Ч. 2. Электричество и магнетизм. Оптика / С. М. Козел, В. Г. Лейман, Г. Р. Локшин [и др.] ; под ред. В. А. Овчинкина. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва : Физматкнига, 2017. – 479 с. – ISBN 978-5-89155-265-4.