

**Материалы занятий 10 класса
группы 10-1, 10-2, 10-3
(Санкт-Петербург)**

	Группа 10-1	Группа 10-2	Группа 10-3
13.07	Командная олимпиада		
14.07	Лекция		
	Решение задач	Практикум	Решение задач
15.07	Практикум	Решение задач	Решение задач
	Решение задач	Практикум	Разбор задач
	Разбор задач	Разбор задач	Практикум
16.07	Лекция		
	Решение задач	Практикум	Решение задач
17.07	Практикум	Решение задач	Решение задач
	Решение задач	Практикум	Разбор задач
	Разбор задач	Разбор задач	Практикум
18.07	Выходной		
19.07	Лекция		
	Решение задач	Практикум	Решение задач
20.07	Практикум	Решение задач	Решение задач
	Решение задач	Практикум	Разбор задач
	Разбор задач	Разбор задач	Практикум
21.07	Физический бой		
22.07	Лекция		
	Решение задач	Практикум	Решение задач
23.07	Практикум	Решение задач	Решение задач
	Решение задач	Практикум	Разбор задач
	Разбор задач	Разбор задач	Практикум
24.07	Физический бой		

	Группа 10-1	Группа 10-2	Группа 10-3
23.07	Выходной		
24.07	Практикум	Решение задач	Решение задач
	Решение задач	Практикум	Разбор задач
	Разбор задач	Разбор задач	Практикум
25.07	Лекция		
	Разбор задач	Разбор задач	Разбор задач
	Разбор задач	Разбор задач	Разбор задач
26.07	Практикум	Решение задач	Решение задач
	Решение задач	Практикум	Разбор задач
	Разбор задач	Разбор задач	Практикум
27.07	Физический хоккей		
28.07	Лекция		
	Решение задач	Практикум	Решение задач
	Практикум	Решение задач	Практикум
29.07	Выходной		
30.07	Практикум	Решение задач	Решение задач
	Решение задач	Практикум	Разбор задач
	Разбор задач	Разбор задач	Практикум
31.07	Практикум		
	Лекция	Лекция	Лекция
	Решение задач	Решение задач	Решение задач
01.08	Заключительная контрольная		

Условия задач:

1	На диск радиуса R намотаны две нерастяжимые нити, закрепленные в двух разных точках (см. рис.). При отпуске диск вращается. Когда угол между нитями диска равен α , угловая скорость вращения равна ω . С какой скоростью в этот момент движется центр диска?	
2	Идеальную пружину нулевой начальной длины, один конец которой закреплен, а к другому концу подвешен точечный груз массы M , растягивают до длины L и отводят так, что угол с горизонталью составляет 45° . Определить форму и длину траектории груза. Жесткость пружины равна k , ускорение свободного падения g .	
3	Пластины плоского конденсатора площадью S и массой m соединены пружиной жесткостью k , изготовленной из изолятора. Длина недеформированной пружины L . Конденсатор зарядили до заряда q . Затем его разряжают через сопротивление R , замыкая ключ (см. рис). Какая теплота выделится на сопротивлении в случае, когда разряд происходит быстро? Какая теплота выделится в случае, когда разряд происходит медленно?	
4	На горизонтальном столе стоит прозрачный цилиндр с радиусом основания R и высотой H_1 , изготовленный из стекла с показателем преломления $n = 1.5$. На высоте H_2 над верхним основанием цилиндра на его оси расположен точечный источник света. Найти площадь тени, отбрасываемой цилиндром на поверхность стола.	
5	В камеру сгорания реактивного двигателя поступает в секунду масса m водорода и необходимое для полного сгорания количество кислорода. Площадь сечения выходного отверстия сопла двигателя S , давление в этом сечении p , абсолютная температура T . Определить силу тяги двигателя.	
6	Горизонтально расположенный цилиндрический теплоизолированный сосуд объема $V_0 = 100$ л, заполненный гелием, разделен на две части теплонепроницаемым поршнем, который может перемещаться без трения. Газу, находящемуся в левой части сосуда, сообщают количество тепла $\Delta Q = 100$ Дж. Найти изменение давление в сосуде к тому моменту, когда поршень перестанет двигаться.	

Результаты:

Команды	Баллы
Киракосян, Жмудь, Бочко	42
Елфимова, Вронская, Нагавкина, Сахно	40
Захаров, Смирных, Горбатюк	25
Грудинин, Затепякин, Румянцева	19
Смирдин, Маркозов, Лупуляк	15
Болотовский, Хмылев, Беличенко, Репетун	15
Усачева, Чижикова, Гойхман	8

Свет как электромагнитная волна. Основные характеристики электромагнитных волн. Спектр электромагнитного излучения от радиоволн до рентгеновского излучения.

Три различных приближения, используемых в оптике: геометрическое ($\lambda \ll L$), волновое ($\lambda \sim L$), квантовое. Здесь везде λ — характерная длина волны, L — размер приборов в задаче. Мы будем рассматривать только геометрическую и волновую оптику.

Начнём с геометрической оптики. Все её законы можно сформулировать с помощью *принципа Ферма*, который утверждает, что свет распространяется по такой траектории, которая занимает наименьшее (экстремальное) время.

Закон отражения от зеркала отсюда получается почти автоматически. Немного сложнее получить закон преломления (*закон Снеллиуса*).

Кроме обычного случая преломления на границе двух сред поучительно также рассмотреть распространение света в слоистой среде, т.е. такой, у которой показатель преломления непрерывно меняется с глубиной. Разбивая слоистую среду на слои, можно получить закон сохранения

$$n(z) \sin \alpha(z) = \text{const.}$$

Наблюдение за распространением света в слоистой среде позволяет установить *оптико-механическую аналогию*. Она заключается в том, что в среде с показателем преломления $n(z)$ луч движется по такой же траектории, что и частица в потенциальном поле $U(z)$, причём $n(z)$ и $U(z)$ должны быть связаны соотношением

$$n(z) \sim \sqrt{E - U(z)}.$$

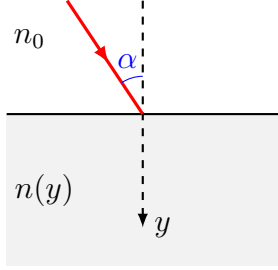
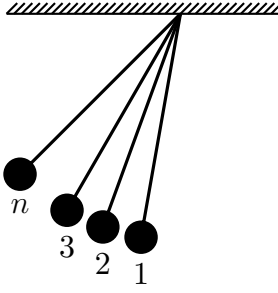
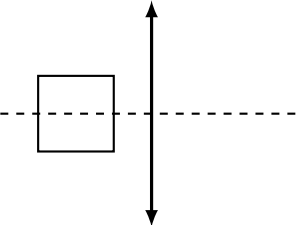
Список литературы к курсу

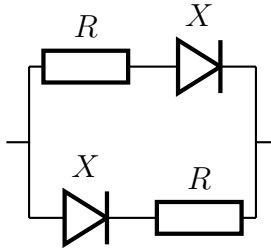
1. Тематические подборки материала из журнала «Квант» (рубрики «Физический факультатив», «Практикум абитуриента»);
2. Robert D. Guenther, “Modern Optics”, 1990 (главы 1, 2, 4, 5);
3. Кл. Э. Суорц, «Необыкновенная физика обыкновенных явлений», т. 2, 1987 (главы 15, 16, 17).
4. Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс, «Фейнмановские лекции по физике», т. 3, 1965 (главы 26, 27).

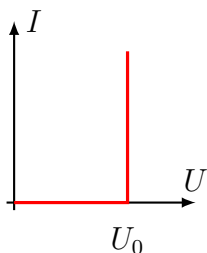
1	Слева направо по гладкой горизонтальной плоскости скользит тяжелая горка массой M , на вершине которой покоится легкий груз массой m . Кинетическая энергия груза K_1 в 4 раза меньше его потенциальной энергии Π . Груз съезжает с горки без трения. Найдите его кинетическую энергию, когда он окажется на плоскости.
2	Автомобиль с полным приводом (двигатель вращает все четыре колеса) и массой $m = 1400$ кг проходит поворот радиусом $R = 500$ м с постоянной по модулю скоростью. Максимальная мощность двигателя автомобиля не зависит от скорости и равна P_{max} . Сила сопротивления воздуха $F = -\alpha v$, где v — скорость автомобиля, $\alpha = 40$ Н·с/м. Коэффициент трения между колесами и дорогой $\mu = 0.52$. Определите максимальное значение модуля скорости v_{max} , с которой автомобиль может пройти поворот. Постройте график зависимости v_{max} от P_{max} .
3	На горизонтальной плоскости с коэффициентом трения μ находятся два одинаковых малых диска с гладкой боковой поверхностью. Первый диск покоился, а второй налетел на него со скоростью v в момент удара. Считая столкновение дисков упругим, но не обязательно лобовым, найдите: а) на каком расстоянии окажутся диски к моменту их остановки, если первый диск остановился, пройдя расстояние x_1 ; б) наибольшее и наименьшее возможные конечные расстояния между дисками. (размерами дисков пренебречь).
4	На очень длинной горизонтальной спице через равные промежутки насажены 5 одинаковых бусинок. В начальный момент всем бусинкам сообщаются некоторые скорости вдоль спицы. Какое максимальное число столкновений возможно в этой системе? Все столкновения абсолютно упруги.

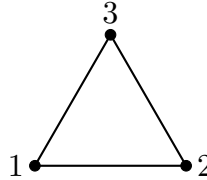
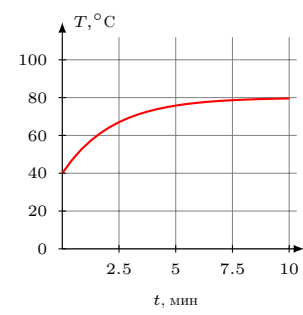
1	Слева направо по гладкой горизонтальной плоскости скользит тяжелая горка массой M , на вершине которой покоится легкий груз массой m . Кинетическая энергия груза K_1 в 4 раза меньше его потенциальной энергии Π . Груз съезжает с горки без трения. Найдите его кинетическую энергию, когда он окажется на плоскости.
2	Мощная машина разгоняется по ледяной дорожке, двигаясь горизонтально на отрезке длиной l , а затем пытается въехать на горку с углом наклона α . Коэффициент трения колес о лед μ . На какую максимальную высоту сможет въехать машина по горке?
3	Автомобиль с полным приводом (двигатель вращает все четыре колеса) и массой $m = 1400$ кг проходит поворот радиусом $R = 500$ м с постоянной по модулю скоростью. Максимальная мощность двигателя автомобиля не зависит от скорости и равна P_{max} . Сила сопротивления воздуха $F = -\alpha v$, где v — скорость автомобиля, $\alpha = 40$ Н·с/м. Коэффициент трения между колесами и дорогой $\mu = 0.52$. Определите максимальное значение модуля скорости v_{max} , с которой автомобиль может пройти поворот. Постройте график зависимости v_{max} от P_{max} .

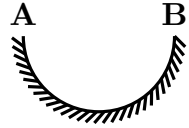
Условия задач:

1	<p>Из среды с показателем преломления n_0 в неоднородную среду с показателем преломления $n = n_0 \sqrt{1 - \frac{y}{H}}$ под углом α входит луч света. На какую максимальную глубину сможет проникнуть луч? При каком значении угла падения α расстояние между точками входа и выхода луча максимально?</p>	
2	<p>На какую минимальную высоту надо поднять поршень, лежащий на поверхности воды в герметичном сосуде, чтобы вся вода в нем испарилась? Толщина слоя воды от дна сосуда — h, плотность воды — ρ, молярная масса — μ, давление насыщенного водяного пара p. Температура T воды и пара в сосуде поддерживается постоянной.</p>	
3	<p>На спутнике, летящем по круговой орбите на высоте $H = 200$ км от Земли, расположен фотоаппарат, объектив которого имеет фокусное расстояние $F = 40$ см. Разрешающая способность плёнки (определяемая зернистой структурой фотоплёнки), то есть минимальный размер различимых деталей изображения, равна $a = 10$ мкм. Каков минимальный размер предметов на Земле, которые можно различить на плёнке? Каково допустимое время экспозиции?</p>	
4	<p>N одинаковых небольших шариков подвешены к одной точке на невесомых нерастяжимых нитях длиной L. В начальный момент все маятники находятся в одной плоскости, содержащей вертикаль, проходящую через точку подвеса, и отклонены на углы $0 < \varphi_1 < \varphi_2 < \dots < \varphi_n \ll \pi/2$. Начиная с первого, маятники последовательно отпускают без начальной скорости в моменты времени $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$ соответственно. В какие моменты времени последний маятник будет находиться в точке своего начального положения? Все удары абсолютно упругие.</p>	
5	<p>Точечный источник света находится на главной оптической оси на расстоянии $d = 60$ см от рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $F = 15$ см. Линзу сместили вверх на $L = 2$ см в плоскости, перпендикулярной главной оптической оси. На сколько и куда надо сместить источник света, чтобы его изображение вернулось в старое положение?</p>	
6	<p>Квадрат со стороной $l = 4$ см расположен симметрично относительно главной оптической оси собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 1$ см. Дальняя сторона квадрата находится от линзы на расстоянии $d = 6$ см. Определите отношение площадей квадрата и его изображения в линзе.</p>	

7	<p>Зависимость тока от напряжения на элементе X приведена на графике. Постройте график зависимости тока от напряжения для схемы, изображенной на рисунке. Схема состоит из резисторов (номиналы указаны) и элементов X.</p>	
---	---	---



8	<p>Три маленьких заряженных шарика — масса каждого шарика m, заряд q — соединены одинаковыми идеальными нитями длиной l и образуют равносторонний треугольник. Одну из нитей (12) перерезают, и шарики приходят в движение. Найдите максимальную скорость среднего шарика (3) в процессе движения. Действием сил тяготения можно пренебречь.</p>	
9	<p>К сосуду подключен нагреватель постоянной мощности, и в него налито некоторое количество жидкости. Дан график зависимости температуры жидкости от времени. Жидкость в сосуде хорошо перемешивается, поэтому можно считать температуру одинаковой по всему объему. Опыт повторяют с теми же начальными условиями, однако теперь в момент времени $t_1 = 5$ мин массу жидкости увеличивают вдвое, не меняя ее температуру. Найдите при этом температуру жидкости в момент времени $t_2 = 10$ мин. Считайте, что мощность тепловых потерь не зависит от объема жидкости.</p>	
10	<p>Искусственный спутник, используемый в системе телесвязи, запущен в плоскости земного экватора так, что всё время находится в зените одной и той же точки земного шара. Во сколько раз радиус R орбиты больше радиуса Земли $R_0 = 6400$ км? Ускорение свободного падения у поверхности Земли $g = 9.8$ м/с².</p>	

1	Докажите, что если n_{12} показатель для преломления из среды 1 в среду 2, а n_{13} — показатель преломления из среды 1 в среду 3, то показатель преломления из среды 2 в среду 3 равен $n_{23} = n_{13}/n_{12}$.	
2	Пусть свет отражается от вогнутого сферического зеркала, выполненного в виде полусферы радиуса R . Выведите закон отражения света для этого случая при распространении света от точки A к точке B .	
3	<p>Рассмотрим преломление луча на сферической стеклянной поверхности. Для простоты будем рассматривать только те лучи, которые пересекают ось линзы под маленьким углом. Докажите, что</p> $\frac{1}{a} + \frac{n}{b} = \frac{n-1}{R},$ <p>где n — показатель преломления стекла, a — расстояние от точечного источника до поверхности, b — расстояние от изображения точечного источника до поверхности, R — радиус сферической поверхности.</p>	

Механические волны. Представление волны в виде

$$x = A \cos(\omega t - kx), \quad (1)$$

где k — волновое число.

Распространение волн на струне. Связь между λ, ω, c, T .

Волновое уравнение для струны: рассматривается небольшой кусочек струны, для него пишется второй закон Ньютона. В приближении небольших углов отклонения от равновесия получается *волновое уравнение*:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{T}{\rho} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}, \quad (2)$$

где T — сила натяжения струны, ρ — плотность струны. Вид волнового уравнения и соображения размерности позволяют сказать, что скорость распространения волн на струне равна

$$c = \sqrt{\frac{T}{\rho}}. \quad (3)$$

После того, как обсужден вопрос с гармоническим колебанием на струне, можно начать обсуждать вопрос сложения колебаний. Именно, можно показать, что результатом сложения двух гармонических колебаний с одной и той же частотой будет такая же гармоническая волна. Если x_1 и x_2 удовлетворяют уравнениям

$$x_1 = A_1 \cos(\omega t), \quad x_2 = A_2 \cos(\omega t + \varphi), \quad (4)$$

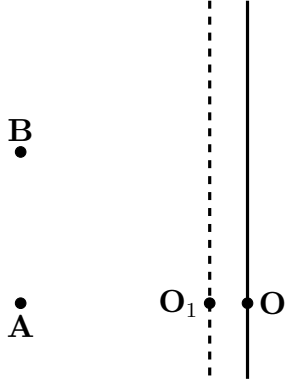
то

$$x_1 + x_2 = A \cos(\omega t + \delta). \quad (5)$$

A и δ легко находятся либо из тригонометрических соображений, либо с помощью *векторной диаграммы*.

1	а) Какой период у спутника, который обращается по эллиптической орбите с большой полуосью a и малой полуосью b от планеты массой M ? Во сколько раз изменится период, если уменьшить малую полуось в 10 раз. (0.5 балла) б) Ракета запущена вертикально вверх с поверхности Земли с первой космической скоростью и возвращается на Землю недалеко от места старта. Сколько времени она находилась в полете? Радиус Земли $R = 6400$ км. (1 балл)
2	Точечную частицу, имеющую массу m и заряд Q , помещают на расстоянии L от бесконечной проводящей плоскости и отпускают. За какое время частица долетит до плоскости? Сила тяжести отсутствует.
3	Образование кометного семейства Юпитера описывается следующей схемой. Комета падает с большого удаления без начальной скорости на солнце и пролетает недалеко от Юпитера. После прекращения заметного влияния Юпитера комета вновь движется в поле Солнца, причем ее скорость оказывается направленной противоположно скорости Юпитера, а афелий располагается вблизи орбиты Юпитера, т.е. на расстоянии 5.2 а.е. от Солнца. На каком расстоянии будет располагаться перигелий орбиты такой кометы?

1	<p>а) Уран совершает полный оборот вокруг Солнца за 84 земных года. Во сколько раз (в среднем) он дальше от Солнца, чем Земля? (0.5 балла) б) Тело A имеет круговую орбиту на расстоянии R от Земли, а тело B имеет круговую орбиту на расстоянии R от Луны. Во сколько раз отличаются их периоды обращения? Массу Земли и массу Луны считайте известными. (0.5 балла) в) Какой период у спутника, который обращается по эллиптической орбите с большой полуосью a и малой полуосью b от планеты массой M? Во сколько раз изменится период, если уменьшить малую полуось в 10 раз. (0.5 балла) г) Ракета запущена вертикально вверх с поверхности Земли с первой космической скоростью и возвращается на Землю недалеко от места старта. Сколько времени она находилась в полете? Радиус Земли $R = 6400$ км. (1 балл)</p>
2	<p>Спутник движется по круговой орбите радиусом $R + 3R_3$. В результате кратковременного торможения скорость спутника уменьшилась так, что он перешел на эллиптическую орбиту, касающуюся поверхности Земли. Через какое время после торможения спутник приземлится?</p>
3	<p>а) Точечная частица, имеющая заряд Q, находится на расстоянии L от бесконечной проводящей плоскости. Найдите силу взаимодействия частицы и плоскости. б) Точечную частицу, имеющую массу m и заряд Q, помещают на расстоянии L от бесконечной проводящей плоскости и отпускают. За какое время частица долетит до плоскости? Сила тяжести отсутствует.</p>

1	<p>На вчерашнем занятии мы получили, что $E^2 = 4E_0^2 \cos^2(\Delta\varphi/2)$. Для двух монохроматических источников, расположенных на расстоянии d друг от друга, мы получили, что их разность фаз $\Delta\varphi = k(r_2 - r_1) = \frac{kzd}{L}$. Из этого был сделан вывод, что ширина интерференционных полос равна $\Delta z = 2\lambda L/d$. Исправьте досадную арифметическую ошибку в этом выводе и запомните правильный ответ.</p>	
2	<p>От точечного монохроматического источника А отодвигают точечный монохроматический источник В (источники когерентны) до тех пор, пока в точке О, где наблюдается интерференция, не наступает потемнение. Расстояние АВ при этом равно $d = 2$ мм. Расстояние между источником А и экраном равно $L = 9$ м. На сколько надо передвинуть экран к источнику А, чтобы в точке О₁ возникло потемнение?</p>	 <p>The diagram shows two point sources, A and B, separated by a distance d. Source A is at the bottom left, and source B is at the top left. A vertical dashed line represents the path difference. A screen is shown as a vertical solid line on the right. Point O is on the screen at the same vertical level as source A. Point O1 is on the screen at the same vertical level as source B. The distance from A to the screen is L.</p>

Примечание. Источники называются **монохроматическим**, если напряжённость создаваемого им поля выражается в виде $E = E_0 \cos \omega t$.

3	<p>От двух когерентных источников света S_1 и S_2 получена система интерференционных полос на экране АВ, удалённом от источников на $a = 2$ м. Расстояние между источниками $d \ll a$. Во сколько раз изменится ширина интерференционных полос, если между источниками и экраном поместить собирающую линзу с фокусным расстоянием $F = 25$ см? Рассмотрите два случая: а) Расстояние линзы от источников равно $2F$ (1 балл); б) источники находятся в фокальной плоскости линзы (1 балл).</p>
---	--

Примечание. Источники называются **когерентными**, если разность фаз их колебаний не зависит от времени.

Сложение волн с помощью комплексных экспонент. Представление волны в виде e^{ikx} . Основные операции с комплексными экспонентами, объяснение формулы

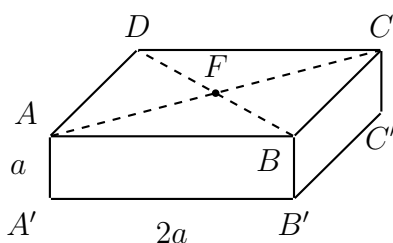
$$e^{ix} = \cos x + i \sin x.$$

Вычисление энергии, которую несёт с собой волна. Доказательство того факта, что интенсивность излучения $I \sim |A|^2$, где A — амплитуда волны. Пример использования техники комплексных экспонент: интерференция от плоскопараллельной пластинки (или от тонкой плёнки). Волна, проходящая через плёнку, частично отражается, а частично преломляется в плёнке, отражаясь от противоположной границы и выходя параллельно исходной. Два параллельных луча, собранные линзой, интерферируют — разность их хода обуславливается показателем преломления плёнки n , её толщиной d , частотой падающей волны ω и углом преломления θ :

$$\delta = \frac{2\omega nd \cos \theta}{c}.$$

Видно, что разность хода будет зависеть от частоты падающего света. Таким образом, тонкая плёнка в определённом смысле «разложит» падающий свет на цветные полосы.

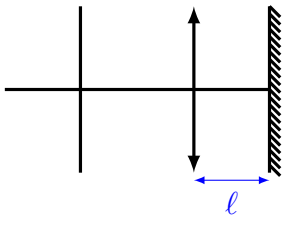
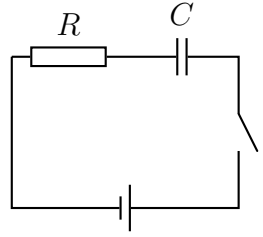
1	Закреплённая непроводящая тонкостенная однородная сфера радиусом R и массой M равномерно заряжена по поверхности зарядом Q . Из неё вырезают маленький кусочек массой $M/10000$, сжимают его в крошечный комочек (не меняя заряд) и помещают в центр сферы. Комочек отпускают. Чему будет равна его скорость на большом удалении? В момент вылета из сферы?
2	На расстоянии H от бесконечной проводящей плоскости находится точечный заряд q_0 . Найти, на каком расстоянии от проекции заряда на плоскость в эту плоскость войдёт силовая линия, вышедшая из заряда параллельно плоскости.
3	Полный заряд параллелепипеда равномерно заряженного по всему объёму равен Q_1 . В результате нанесения дополнительного поверхностного заряда Q_2 на все грани этого параллелепипеда, кроме грани $ABCD$, поле в точке F оказывается равным нулю. Определите величину отношения Q_2/Q_1 . Длины ребер параллелепипеда указаны на рисунке.



4	<p>В вакууме на расстоянии $L = 10$ см друг от друга находятся протон p^+ и антипротон p^-. Обе эти частицы имеют одинаковые массы $m = 1.27 \cdot 10^{-27}$ кг и одинаковые по модулю заряды $e = 1.602 \cdot 10^{19}$ Кл. В первый момент частицы неподвижны. При сближении частиц на расстояние $l = 10^{-13}$ м происходит их аннигиляция с рождением γ-квантов.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Какие скорости будут иметь частицы при таком сближении? 2. Через какое время произойдет аннигиляция частиц? <p>При расчетах гравитационные силы можно не учитывать.</p>
---	--

1	<p>Закреплённая непроводящая тонкостенная однородная сфера радиусом R и массой M равномерно заряжена по поверхности зарядом Q. Из неё вырезают маленький кусочек массой $M/10000$, сжимают его в крошечный комочек (не меняя заряд) и помещают в центр сферы. Комочек отпускают. Чему будет равна его скорость на большом удалении? В момент вылета из сферы?</p>
2	<p>Три маленьких шарика расположены вдоль оси координат X в космосе. Вокруг больше ничего нет, гравитационными силами можно пренебречь по сравнению с электрическими. Скорости всех шариков в начальный момент равны 0; координаты $x, 2x, 4x$; заряды $q, 4q, 9q$; массы $m, 3m, 2m$ соответственно. Какими будут скорости шариков через очень большое время?</p>
3	<p>В вакууме на расстоянии $L = 10$ см друг от друга находятся протон p^+ и антипротон p^-. Обе эти частицы имеют одинаковые массы $m = 1.27 \cdot 10^{-27}$ кг и одинаковые по модулю заряды $e = 1.602 \cdot 10^{19}$ Кл. В первый момент частицы неподвижны. При сближении частиц на расстояние $l = 10^{-13}$ м происходит их аннигиляция с рождением γ-квантов.</p> <ol style="list-style-type: none">1. Какие скорости будут иметь частицы при таком сближении?2. Через какое время произойдет аннигиляция частиц? <p>При расчетах гравитационные силы можно не учитывать.</p>

Условия задач:

1	<p>За линзой на расстоянии $\ell = 4$ см (больше фокусного) расположено перпендикулярно главной оптической оси плоское зеркало. Перед линзой, также перпендикулярно главной оптической оси, расположен лист клетчатой бумаги. На этом листе получают изображение его клеток при двух положениях листа относительно линзы. Эти положения отличаются на $L = 9$ см. Определить фокусное расстояние линзы.</p>	
2	<p>Вагон массой M и длиной L может без трения двигаться по рельсам. Он заполнен газом и разделен пополам подвижной невесомой вертикальной перегородкой. Вначале температура газа равна T. В правой половине включают нагреватель и доводят температуру газа до $2T$, в левой части температура остается прежней. Найти перемещение вагона, если масса всего газа равна m.</p>	
3	<p>В схеме, изображённой на рисунке, при разомкнутом ключе заряд левой обкладки плоского конденсатора равен нулю. Определите начальный заряд правой пластины конденсатора, если после замыкания ключа на резисторе R выделяется такое же количество теплоты, как и в случае, когда конденсатор вначале не заряжен.</p>	
4	<p>На абсолютно гладкой горизонтальной плоскости покоятся два упругих бруска равной массы m, скрепленных пружиной длины l с коэффициентом упругости k. На левый брусок налетает со скоростью v третий такой же брусок. Определить скорости брусков в момент, когда пружина максимально растянута.</p>	
5	<p>Теплоизолированный сосуд разделен на две части лёгким поршнем. В левой части сосуда находится $m_1 = 3$ г водорода при температуре $T_1 = 300$ К, в правой части — 16 г кислорода при температуре $T_2 = 400$ К. Поршень слабо проводит тепло, и температура в сосуде постепенно выравнивается. Какое количество теплоты отдаст кислород к тому моменту, когда поршень перестанет двигаться?</p>	
6	<p>Частица с массой m и зарядом q начинает падать на заряженную горизонтальную бесконечную плоскость, находясь от неё на расстоянии h_1. Поверхностная плотность заряда плоскости σ, начальная скорость частицы v_0. На какое минимальное расстояние частица может приблизиться к плоскости, если их заряды одноимённые? Сопротивление воздуха отсутствует.</p>	
7	<p>Вокруг Солнца по орбите Земли обращается спутник, массой $m = 100$ кг. В некоторый момент спутник раскрывает солнечный парус — тонкую зеркальную пленку в форме круга радиуса $r = 70$ м. Во время дальнейшего полета парус непрерывно меняет свою ориентацию так, чтобы его плоскость располагалась перпендикулярно направлению на Солнце. пренебрегая влиянием планет, найдите период обращения спутника с открытым парусом. Орбиту Земли считать круговой. Светимость Солнца (световая мощность) $L = 3.86 \cdot 10^{23}$ Вт, масса Солнца $M = 2 \cdot 10^{30}$ кг. Энергия фотона связана с его импульсом соотношением $E = pc$, где c — скорость света.</p>	

8	<p>Имеется равномерно заряженная диэлектрическая сфера. Известно, что, если ее разрезать пополам, то «половинки» будут расталкиваться с силой F_1. Если разрезать пополам одну из половинок (вдали от второй), то получившиеся «четвертинки» будут расталкиваться с силой F_2. И, наконец, если разрезать пополам одну из «четвертинок» (вдали от оставшихся частей сферы) на «восьмушки», то они будут расталкиваться с силой F_3. Найти силу, с которой будут расталкиваться «восьмушки», если их поместить так, как показано на рисунке.</p>	
---	--	--

Список команд:

Аполлон	4	Балкон	7921
Елфимова (к)	Маркозов (к)	Смирдин (к)	Болотовский (к)
Вильчевская	Беличенко	Гойхман	Грудинин
Вронская	Бочко	Горбатьок	Дроздов
Жмудь	Волковьский	Затепякин	Люлина
Захаров	Киракосян	Лупуляк	Нагавкина
Сахно	Репетун	Румянцева	Усачёва
Смирных	Россомахина	Чижикина	Хмылёв

Результаты:

№	Аполлон	4	Жюри
4	Маркозов 6 ● →	Захаров 6	0
8	Жмудь 0 [→	Киракосян 5 ●	7
1	Елфимова -6 ● ←	Киракосян 0	18
3	Сахно -6 ● →	Беличенко 0	18
5	Смирных 0 [→	Бочко -6 ●	18
7	Сахно 0 [→	Волковьский 5 ●	7
6	Вильчевская 6 ● →	Россомахина 0	6
2	Вронская 9 ←	Репетун 3(-1) ●	0
Итог:	21	12	62

№	Балкон	7921	Жюри
7	Чижикова 4 ←	Люлина ● 4	4
1	Румянцева 1 ● →	Грудинин 9	2
3	Смирдин 9 ←	Болотовский ● 3	0
6	Горбатов 12 ● ←	Дроздов 0	0
8	Чижикова 2	Дроздов ● 10	0
4	Затепакин 2 ● →	Хмылев 10	0
5	Лупуляк 0	Нагавкина ● 12	0
2	Гойхман 0 ● →	Усачева 11	1
Итого:	30	59	7

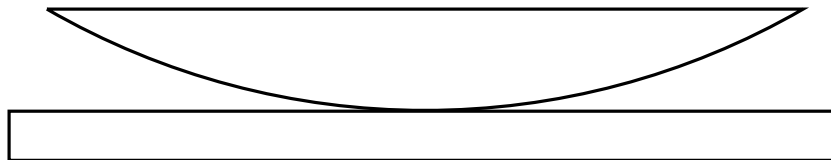
1	Используя <i>волновое уравнение</i> , докажите принцип суперпозиции: если $y_1(x, t)$ и $y_2(x, t)$ являются решениями волнового уравнения, то и $y_1(x, t) + y_2(x, t)$ — тоже решение.
---	--

Примечание. Волновым уравнением называется уравнение для колебаний, полученное на занятии:

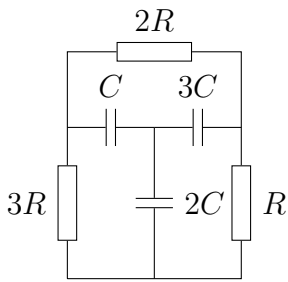
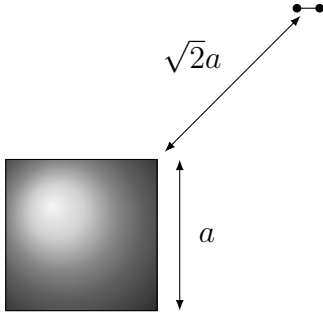
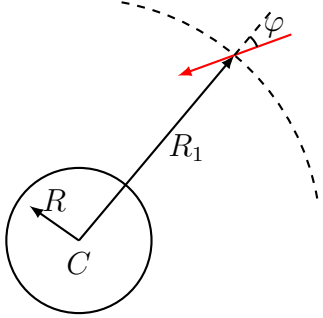
$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}.$$

2	Пусть линия, соединяющая два источника S_1 и S_2 перпендикулярна плоскости экрана. Расстояние между источниками d , расстояние от источников до экрана L , при этом $d \ll L$. Какую интерференционную картину наблюдатель увидит на экране? (0.5 балла) Найдите расстояние между соседними максимумами освещённости (1 балл) .
3	На стеклянный стол с показателем преломления n кладут плосковыпуклую линзу из такого же материала. Сверху линзу освещают параллельным пучком света, падающим перпендикулярно плоскости. Почему будет наблюдаться интерференционная картина в этом случае? (0.5 балла) Определите её структуру (0.5 балла) . Определите расстояние между соседними максимумами освещённости (1 балл) . Радиус кривизны выпуклой поверхности равен R , длина волны света λ .

Указание. Вспомните про то, что свет на границе раздела сред может как отражаться, так и преломляться.



Условия задач:

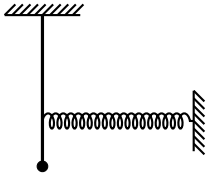
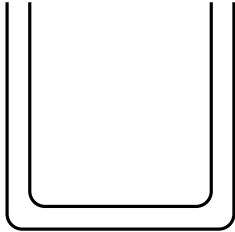
1	<p>Невесомый жёсткий стержень длиной 2ℓ находится в горизонтальной плоскости. Через центр стержня проходит вертикальная ось, вокруг которой стержень может вращаться. На стержень надеты две бусинки, расположенные симметрично относительно центра стержня на расстоянии ℓ друг от друга. Сначала бусинки жестко закрепляют на стержне в этих положениях и стержень раскручивают до угловой скорости ω вокруг вертикальной оси, проходящей через его центр. В некоторый момент бусинки освобождают так, что они могут без трения скользить вдоль стержня. На концах стержня установлены ограничители, соударения бусинок с которыми абсолютно упругие. Определите время T, за которое бусинки вернуться в своепрежнее положение.</p>	
2	<p>Конденсаторы C, $2C$ и $3C$ соединены между собой, как показано на рисунке. Между свободными выводами конденсаторов C и $2C$ подключен резистор $3R$, между свободными выводами конденсаторов C и $3C$ — резистор $2R$, между оставшимися — резистор R. В начальный момент конденсатор $2C$ заряжен до напряжения U, остальные конденсаторы не заряжены. Какое количество тепла выделится за большое время на резисторе R?</p>	
3	<p>На столе лежит тонкий диэлектрический квадрат со стороной a. Квадрат равномерно заряжен до заряда Q. На продолжении диагонали квадрата, на расстоянии $\sqrt{2}a$ от его угла, расположен невесомый равноплечий рычаг длиной r ($r \ll a$), который может вращаться вокруг вертикальной неподвижной оси, проходящей через центр рычага. На концах рычага закреплены два одноименных точечных заряда q_0 массами m. Первоначально рычаг удерживали параллельно стороне квадрата. Определите ускорение зарядов в момент, когда рычаг отпустили.</p>	
4	<p>Есть два тела с одинаковой теплоемкостью C. Одно из тел находится при температуре T_1, а другое при температуре T_2. Какую максимальную работу можно извлечь из этих двух тел?</p>	
5	<p>Мотоциклист начинает разгоняться по круговой трассе, стараясь набрать скорость за минимальное время. Какую часть круга он пройдёт к моменту достижения максимальной скорости?</p>	
6	<p>Лазерный луч распространяется в сферически симметричной среде с показателем преломления $n(R) = n_0 \frac{R}{R_0}$, где $n_0 = 1$, $R_0 = 30$ см, $R_0 < R < \infty$. Траектория луча лежит в плоскости, проходящей через центр симметрии среды C. Известно, что на расстоянии $R_1 = 80$ см от точки C лазерный луч образует с радиус-вектором, проведенным из этого центра, угол 30°. На какое минимальное расстояние приблизится луч к центру симметрии среды?</p>	

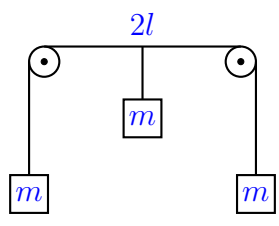
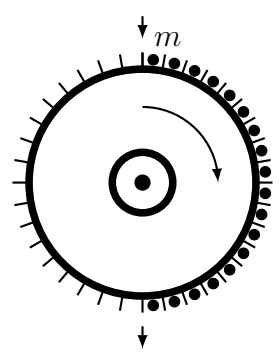
7	<p>В вертикальном цилиндре сечения S тяжёлый поршень массы m лежит на шероховатом дне при открытых отверстиях в верхнем и нижнем торцах, так, что в цилиндре находится ν_0 моль воздуха. Отверстия закрывают и переворачивают цилиндр. После этого открывают отверстие в верхнем торце и ждут установления равновесия. Затем отверстие закрывают и ещё раз переворачивают цилиндр. Снова открывают верхнее отверстие, ждут установления равновесия и так далее. Определите максимальное количество воздуха, оказавшееся в цилиндре. Атмосферное давление p_0, температура постоянна, трение между поршнем и цилиндром отсутствует. Ускорение свободного падения равно g.</p>	
8	<p>Два одинаковых гладких полуцилиндра, общая масса которых m, подвешены на невесомой нерастяжимой нити так, как показано на рисунке. Чему равна сила давления одного полуцилиндра на другой?</p>	

Результаты:

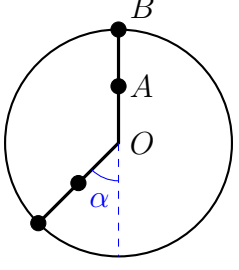
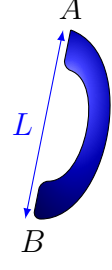
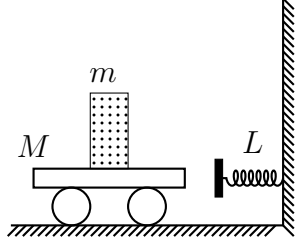
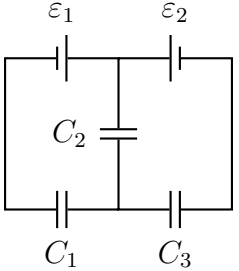
№	Аполлон	7921	Жюри
4	Смирных 0	Грудинин 4	8
3	Жмудь 1	Нагавкина 9	2
6	Захаров 2	Грудинин 10	0
5	Елфимова 0	Люлина 12	0
2	Вронская 0	Болотовский 6	6
1	Сахно 3	Хмылев 5	4
Итого:	6	46	20

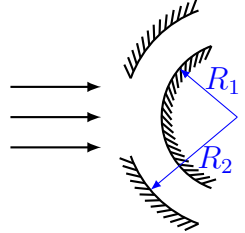
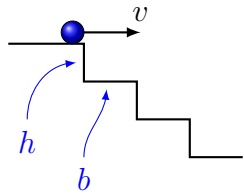
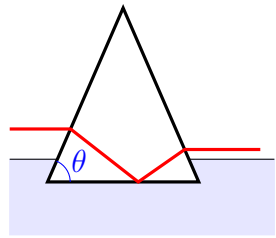
№	4	Балкон	Жюри
4	Маркозов 0 ●	Смирдин → -6	18
6	Киракосян 1 ←	Лупуляк ● 1	10
7	Россомахина 0 ●	Чижикова ← 12	0
8	Бочко 12	Затеякин → ● 0	0
2	Волковьский 12 ●	Смирдин → 0	0
Итого:	25	7	28

1	<p>На лёгком стержне длиной l висит небольшой шарик массой m. К стержню прикреплена лёгкая пружина жёсткостью k на расстоянии $2l/3$ от точки подвеса. Другой конец пружины прикреплен к стене. Система может вращаться без трения вокруг горизонтальной оси. В положении равновесия стержень вертикален, пружина горизонтальна и не деформирована. Найдите период малых колебаний системы в плоскости чертежа.</p>	
2	<p>Тонкая изогнутая трубка постоянного сечения S расположена в вертикальной плоскости. Трубка наполнена жидкостью плотностью ρ. Масса жидкости равна m. Найдите период колебаний жидкости в трубке.</p>	
3	<p>Вообразите, что вдоль диаметра Земли прорыт тоннель и в него сброшен камень. Через какое время камень окажется на противоположной стороне Земли? Сопротивление воздуха и вращение Земли не учитывать. Плотность Земли считать постоянной по всему объёму, радиус Земли $R = 6400$ км.</p>	

1	<p>Две частицы движутся вдоль одной прямой навстречу друг другу со скоростями v_1 и v_2 соответственно. После их абсолютно неупругого столкновения скорости частиц равны v. Найти отношение масс частиц.</p>	
2	<p>Через два блока, подвешенных на одной высоте, переброшена длинная нерастяжимая нить, к концам которой прикреплены два одинаковых груза. К середине нити прикрепляют ещё один такой же груз и отпускают без начальной скорости. Расстояние между осями блоков равно $2l$. Чему равна скорость центрального груза когда он проходит положение равновесия?</p>	
3	<p>Модель водяного колеса устроена следующим образом: на ободе колеса радиусом $R = 1$ м равномерно расположены N ячеек, причём $N = 201$. Когда очередная ячейка проходит верхнее положение, в неё сбрасывается (без начальной скорости относительно земли) груз массой $m = 100$ г. Когда ячейка проходит нижнее положение, груз вываливается из неё без начальной скорости относительно колеса. Масса самого колеса мала, все удары абсолютно неупругие, трения нет. Найдите установившуюся угловую скорость вращения колеса.</p>	

Условия задач:

1	<p>В точках A и B жесткого невесомого стержня укреплены два маленьких шарика. В точке O стержень закреплен и может свободно вращаться в вертикальной плоскости. В начальный момент времени стержень отклоняют от вертикального положения на очень маленький угол и отпускают. Найти силу, действующую на шарик B со стороны стержня в момент, когда угол между стержнем и вертикалью равен α. Масса каждого груза m, длина стержня L, $OA = AB$.</p>	
2	<p>По поверхности диэлектрической фигуры в форме телефонной трубки равномерно распределен заряд $Q > 0$. Фигура помещена в электрическое поле напряженностью E так, что она может свободно вращаться вокруг точки A. В положении равновесия угол между отрезком AB и направлением электрического поля равен α. Какую работу надо совершить, чтобы медленно повернуть фигуру в положение, когда отрезок AB направлен вдоль поля? Длина отрезка $AB = L$, силой тяжести пренебречь.</p>	
3	<p>Тележка массой M,двигающаяся со скоростью V прямолинейно, наталкивается на легкую пружину длиной L, прикрепленную к стене. На тележке закреплен хрупкий предмет массы m, который разбивается, если его перемещать с ускорением больше чем a_0. Какой должна быть жесткость пружины, чтобы в процессе столкновения хрупкий предмет не разбился? Трением тележки о пол пренебречь. Пружину считать идеальной при любой длине от 0 до L.</p>	
4	<p>Груз поднимают при помощи невесомого поршня, скользящего без трения в вертикальном теплоизолированном цилиндре. Под поршнем находится идеальный одноатомный газ, медленно нагреваемый при помощи электронагревателя с КПД, равным $\eta = 1/2$. Определить КПД подъемного устройства, если атмосферное давление отсутствует.</p>	
5	<p>Найдите заряды на конденсаторах в схеме, изображенной на рисунке.</p>	

6	<p>С помощью системы концентрических зеркал на экране получено изображение Солнца. Радиусы зеркал $R_1 = 12$ см, $R_2 = 30$ см. Каково должно быть фокусное расстояние тонкой линзы, чтобы с её помощью получалось изображение Солнца такого же размера?</p>	
7	<p>С помощью кипятильника, рассчитанного на 110 В, можно вскипятить воду в чайнике за время t. Известно, что превышение мощности кипятильника на 20% приводит к выходу его из строя. Как с помощью двух кипятильников на 110 В вскипятить такое же количество воды в чайнике, если напряжение в розетке 220 В? Какое время потребуется для этого? Потерями тепла пренебречь.</p>	
8	<p>Какую горизонтальную скорость необходимо сообщить очень маленькому мячику, лежащему на краю верхней ступеньки лестницы для того, чтобы первый отскок мяча произошел от ступеньки с номером N? Длины и высоты ступенек лестницы соответственно равны b и h.</p>	
9	<p>Вертикально в землю вкопан длинный стержень, по которому могут без трения двигаться две маленькие бусинки. Бусинки упруго соударяются друг с другом, а нижняя упруго соударяется с землей. Верхняя, которая в $n = 10^4$ раз тяжелее нижней, практически неподвижно зависла на высоте $H = 1$ м над Землей. Определите скорость нижней бусинки.</p>	
10	<p>Стеклянная призма, имеющая в сечении равнобедренный треугольник, касается своим основанием поверхности воды. Луч света, идущий вдоль поверхности воды перпендикулярно оси призмы, преломляясь на первой поверхности призмы, испытывает полное внутреннее отражение от водной поверхности, преломляется на второй поверхности и вновь выходит в воздух. Показатели преломления стекла и воды равны n_1 и n_2 соответственно. Найдите минимальный угол θ — угол в основании призмы.</p>	

Обсуждение *ньютоновских колец*: интерференционной картины, возникающей при соприкосновении плосковыпуклой линзы с плоской поверхностью. Из-за наличия воздушной прослойки между линзой и поверхностью у отражённых и преломлённых лучей возникает разность хода. Она и приводит к образованию интерференционной картины. Можно показать, что если R — радиус кривизны линзы, а r — расстояние от оси симметрии до точки наблюдения, то диаметр кольца d равен

$$d = \frac{r^2}{2R}.$$

Уточнение результата, полученного на предыдущем занятии: интерференция от тонкой плёнки. Можно просуммировать не только два луча, но и вообще все лучи, испытавшие множественное отражение и преломление. Введём коэффициент r , $0 < r < 1$, показывающий, во сколько раз меняется амплитуда волны при отражении от границы раздела. Тогда суммарная амплитуда всех проинтерферировавших лучей будет равна

$$A = E \sum_{i=0}^{\infty} r^{2i} e^{i\delta} = E \frac{1}{1 - r^2 e^{i\delta}}.$$

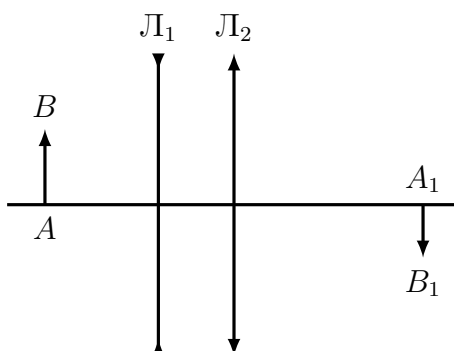
Интенсивность, в свою очередь, равна

$$I \sim A\bar{A} = \frac{1}{1 - 2r^2 \cos \delta + r^4}.$$

1	<p>Две тонкие линзы находятся на расстоянии $L = 25$ см друг от друга так, что их главные оптические оси совпадают. Эта система линз создаёт прямое действительное изображение предмета в натуральную величину. Если линзы поменять местами, не изменяя положение предмета, то снова получается прямое действительное изображение предмета, но с увеличением $\Gamma = 4$. На сколько отличаются оптические силы линз?</p>
---	--

Примечание. Оптической силой линзы D называется величина, обратная её фокусному расстоянию F : $D = 1/F$.

2	<p>Сложный объектив состоит из двух тонких линз: положительной с фокусным расстоянием $F_1 = 20$ см и отрицательной с фокусным расстоянием $F_2 = 10$ см. Линзы расположены на расстоянии $l = 15$ см друг от друга. С помощью объектива получают на экране изображение Солнца. Какое фокусное расстояние должна иметь тонкая линза, чтобы изображение Солнца, полученное с её помощью, имело такой же размер?</p>
3	<p>Рассеивающая линза \mathcal{L}_1 и собирающая линза \mathcal{L}_2 расположены на одной главной оптической оси. Такая оптическая система создаёт изображение A_1B_1 предмета AB. С помощью построения найдите положение главных фокусов обеих линз.</p>



Список задач:

Механика	Теплота	Электричество	Оптика
7.7 (ГФ)	13.7 (ГФ)	15.14 (ГФ)	1029 (Рым)
7.12 (ГФ)	13.12 (ГФ)	17.3 (ГФ)	1036 (Рым)
8.4 (ГФ)	12.5 (ГФ)	17.21 (ГФ)	1034 (Рым)
8.30 (ГФ)	14.24 (ГФ)	19.6 (ГФ)	
10.3 (ГФ)	643 (Рым)	19.19 (ГФ)	
387 (Рым)	650 (Рым)	20.4 (ГФ)	
348 (Рым)	623 (Рым)	21.32 (ГФ)	
226 (Рым)	588 (Рым)	17.16 (ГФ)	
372 (Рым)	671 (Рым)	20.2 (ГФ)	
427 (Рым)	642 (Рым)	21.12 (ГФ)	
389 (Рым)	627 (Рым)	17.4 (ГФ)	
188 (Рым)	674 (Рым)	17.11 (ГФ)	
223 (Рым)		838 (ГФ)	
401 (Рым)		753 (ГФ)	
421 (Рым)		842 (ГФ)	

Список команд:

Леша	Богдан	Вика
Захаров (к)	Жмудь (к)	Чижилова (к)
Затеякин	Болотовский	Репетун
Елфимова	Усачева	Маркозов
Смирных	Румянцева	Горбатюк
	Лупуляк	Гойхман

Дима	Саша	Женя
Грудинин (к)	Киракосян (к)	Сахно (к)
Россомахина	Бочко	Люлина
Смирдин	Нагавкина	Вронская
Волковыский	Беличенко	Вильчевская
	Хмылев	Дроздов

Результаты:

Тур I		
Леша	1 : 1	Богдан
Дима	2 : 0	Саша
Вика	1 : 1	Женя
Тур II		
Леша	0 : 1	Дима
Женя	2 : 0	Богдан
Вика	1 : 0	Саша
Тур III		
Женя	1 : 0	Леша
Саша	0 : 0	Богдан
Дима	2 : 0	Вика

Для обсуждения дифракции полезно использовать *принцип Гюйгенса*: позволяет рассчитывать дифракционную картину как сумму лучей, приходящих от вторичных источников.

Замечание: интенсивность точечного спадает с расстоянием как

$$I \sim \frac{1}{r^2},$$

поэтому электрическое поле от точечного источника устроено так:

$$E \sim \frac{e^{ikr}}{r}.$$

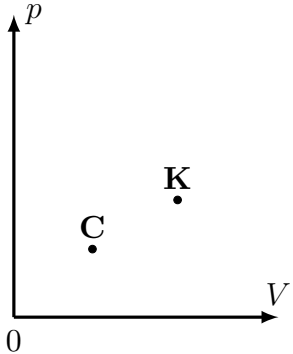
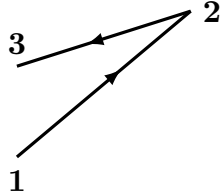
Рассмотрим конкретный пример: дифракцию на круглом отверстии. Проведём волновой фронт, каждая точка этого фронта будет, в соответствии с принципом Гюйгенса, вторичным источником излучения. Для простоты будем считать результирующее поле в точке на экране точно напротив центра отверстия. В этой точке

$$E \sim \frac{E_0 e^{ikr_0}}{r_0 + r} \int_r^{R_{max}} a(R) e^{ikR} dR.$$

Здесь r_0 — расстояние от источника до отверстия, r — от отверстия до экрана, $a(R)$ — некая функция, зависящая от положения вторичного источника. Для вычисления этого интеграла можно разбить волновой фронт на *зоны Френеля* — концентрические сферы с радиусами r , $r + \lambda/2$, $r + 2\lambda/2$ и т.д., с центрами в точке наблюдения P .

Таким образом удаётся понять, что освещённость в этой точке будет сильно зависеть от размера отверстия. Если отверстие открывает только первую зону Френеля, то интенсивность будет максимальной, при открытии второй зоны Френеля интенсивность упадёт до нуля.

Эти соображения позволяют определить дифракционную картину на экране — очевидно, наблюдатель увидит последовательность тёмных и светлых колец разного радиуса.

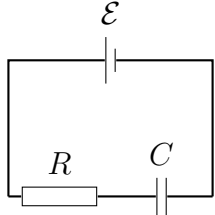
1	<p>В цилиндре под поршнем находится влажный воздух. В изотермическом процессе объем цилиндра уменьшается в $\alpha = 4$ раза, при этом давление под поршнем увеличивается в $\gamma = 3$ раза. Какая часть первоначальной массы пара сконденсировалась? В начальном состоянии парциальное давление сухого воздуха в $\beta = \frac{3}{2}$ раза больше парциального давления пара.</p>	
2	<p>В архиве Кельвина рукопись с (p, V) диаграммой, на которой был изображён циклический процесс в виде прямоугольного треугольника АСВ. Угол C был прямым, а в точке К, лежащей на середине стороны АВ, теплоёмкость многоатомного газа CH_4 обращалась в ноль. Газ можно считать идеальным. От времени чернила выцвели, и на рисунке остались видны только координатные оси и точки С и К. С помощью циркуля и линейки без делений восстановите положение треугольника АСВ. Известно, что в точке А объём был меньше, чем в В.</p>	
3	<p>В архиве Кельвина нашли рукопись, на которой был изображён процесс $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$, совершённый над одним молем азота. От времени чернила выцвели, и стало невозможно разглядеть, где находятся оси давления и объёма. Однако из текста следовало, что состояния 1 и 3 лежат на одной изохоре, а также то, что в процессах $1 \rightarrow 2$ и $2 \rightarrow 3$ объём газа изменяется на ΔV. Кроме того, было сказано, что количество теплоты, подведённой в процессе $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$ к N_2 равно нулю. Определите, на каком расстоянии (в единицах объёма) от оси давлений находится изохора, проходящая через точки 1 и 3.</p>	

<p>1</p>	<p>а) Пусть есть некоторая схема, состоящая из резисторов и одной батарейки \mathcal{E}. В некоторый момент времени напряжение на батарейке стало равным $2\mathcal{E}$. Во сколько раз увеличились токи? (подсказка: рассмотрите уравнения Кирхгофа) (0.5 балла). б) Рассмотрим произвольную схему из резисторов, имеющую общее сопротивление R между клеммами A, B. Экспериментатор добавил последовательно к некоторым из резисторов батарейки с напряжением U, а также замкнул клеммы A, B такой же батарейкой. Через некоторое время экспериментатор изменил напряжение на батарейке, соединяющей клеммы A, B, на ΔU. На сколько изменился ток между клеммами A, B. Ответ обоснуйте. (1 балл). в) Собрана схема, изображенная на рисунке. ЭДС батареи \mathcal{E}_1 уменьшили на 1.5 вольта, после чего токи на различных участках цепи изменились. Как нужно изменить ЭДС батареи \mathcal{E}_2, чтобы: ток через батарею \mathcal{E}_1 стал прежним (1 балл); г) ток через батарею \mathcal{E}_2 стал прежним (1 балл).</p>	
<p>2</p>	<p>В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, ЭДС батареек равны $3\mathcal{E}$ и $2\mathcal{E}$ соответственно, а сопротивления резисторов составляют $R_1 = R, R_2 = 2R$, а $R_x = 3R$. На сколько процентов изменится сила тока, проходящего через амперметр, если сопротивление переменного резистора R_x увеличить на 5%.</p>	

1	Поверхность озера глубиной $H = 1,3$ м покрыта тонким слоем льда со снегом, практически не пропускающим свет. Найдите площадь светлого пятна на дне озера от полыньи в форме круга радиусом $R = 2$ м. Озеро освещается рассеянным светом. Показатель преломления воды $n = 4/3$.
2	Узкий пучок света, проходящий через центр стеклянного шара радиусом R , фокусируется на расстоянии R от центра. Определите показатель преломления стекла.
3	Если смотреть на капиллярную стеклянную трубку сбоку, то видимый внутренний радиус будет равен r . Каково истинное значение этого радиуса? Показатель преломления n . Внешний радиус капилляра много больше внутреннего.

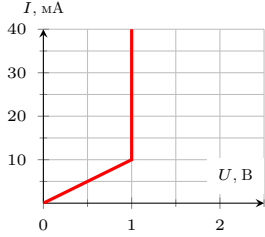
Разбор задач по экспериментальному практикуму.

1. Повторение правил написания отчетов.
2. Разбор типичных ошибок экспериментатора.
3. Разбор методик решения задач, предложенных в течении смены.
4. Личные консультации по отчетам.

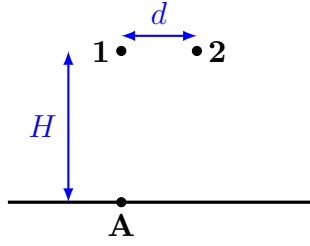
1	Посчитайте следующие интегралы: а) $\int \frac{1}{x} dx$ б) $\int x^n dx$ в) $\int \sin(x) dx$ в) $\int \cos(x) dx$	
2	Найдите зависимость силы тока от времени в указанной схеме. Изначально конденсатор разряжен.	
3	Определите электрическое поле, создаваемое проволокой длиной $2L$. Линейная плотность заряда равна λ .	
4	Найдите координаты центра масс половины окружности радиуса R .	

1	Найти а) $(x^x)'$ б) $(\sqrt{\cos(\sin(3x^2))})'$
2	Определите момент инерции палочки длиной ℓ путем прямого вычисления.
3	Найдите координаты центра масс половины диска. Радиус диска R .
4	Докажите, что положение устойчивого равновесия находится в локальном минимуме потенциальной энергии.
5	Определите электрическое поле, создаваемое равномерно заряженным диском на его оси. Радиус диска R , поверхностная плотность заряда σ .

Часть I

1	На диаграмме в осях V/T процесс, который проводят с молем разреженного гелия представляет собой отрезок прямой $V = V_0 + \alpha T$, причём температура газа в процессе увеличивается от T_0 до $3T_0$. Найдите минимальную и максимальную теплоёмкость газа в этом процессе.	
2	Планета вращается вокруг звезды массой M . Известно, что ближайшая точка орбиты находится на расстоянии r_0 и в этой точке скорость планеты равна V . Чему равен год на данной планете?	
3	На рисунке приведена идеализированная вольтамперная характеристика диода. Конденсатор емкости $C = 100$ мкФ, заряженный до напряжения $U = 5$ В, подключается через диод к резистору с сопротивлением $R = 100$ Ом. Какое количество тепла выделится на резисторе при разрядке конденсатора?	

Часть II

4	Два точечных монохроматических источника расположены на расстоянии d друг от друга. Прямо под источником 1 на расстоянии $H = 8$ м наблюдается интерференция. Первый раз потемнение в точке A наблюдается при $d_1 = 2$ мм. В следующий раз потемнение наступает при расстоянии d_2 . Найдите это расстояние.	
5	С помощью рассеивающей линзы получено изображение спички, расположенной перпендикулярно главной оптической оси линзы, с увеличением $\Gamma_1 = 1/2$. По другую сторону линзы на расстоянии $l = 9$ см установили плоское зеркало. Изображение спички в системе линза – зеркало получилось с увеличением $\Gamma = 1/4$. Определите фокусное расстояние линзы.	
6	Узкий пучок лучей падает на вогнутое сферическое зеркало радиуса R параллельно диаметру. Докажите, что пучок соберётся в точке на расстоянии $R/2$ от зеркала.	

Часть III (практикум)

7	Определить объем сыпучего материала внутри коробки. Оборудование: коробок с сыпучим материалом, пустой коробок, линейка, нитки.
---	---

Список экспериментов в 10-м классе

1. Измерить фокусное расстояние линзы. Оборудование: линза, лазер, линейка.
2. Измерить плотности материалов, из которых сделаны две монеты (два предмета произвольной формы). Оборудование: две монеты разных достоинств, сделанные из разных материалов с маленькими отверстиями в них, тонкая нить длиной 1 м, стакан с водой, миллиметровая бумага, штатив с горизонтальной рейкой, ножницы, кнопки для крепления нити к рейке. Рейку от штатива отделять запрещено. Поверхность стола, на котором находится оборудование можно считать горизонтальной.
3. Измерить емкость конденсатора. Оборудование: конденсатор, резистор, провода, вольтметр, секундомер.
4. Измерить длину волны лазера. Оборудование: лазер, фольга, (острый нож), линейка, штатив.
5. Проверка статистического распределения при помощи монеток. Оборудование: монетки 10шт., миллиметровка.
6. Измерить плотность деревянной палочки. Оборудование: палочка, вода, нитки, линейка.
7. Измерить коэффициент трения между шнуром и трубой. Оборудование: шнур, нитки, батарейки 2 шт., скотч, миллиметровка, труба.
8. Измерить расстояние между дорожками CD-диска. Оборудование: CD-диск, лазерная указка с известной длиной волны, рулетка.
9. Исследовать лобовое столкновение шарика и монетки. Оборудование: нитки, шарик, монета, миллиметровка, линейка, стул, стол.
- 10.

Если отклонить в поперечном направлении конец зажатой с одного конца упругой линейки и отпустить, возникнут свободные поперечные колебания. Наименьшая циклическая частота ω таких колебаний определяется плотностью ρ материала линейки, его модулем Юнга E и геометрическими размерами свободного конца линейки: длиной l , толщиной d и шириной b : $\omega = \beta E^m \rho^n l^p b^q h^s$, где β — безразмерный коэффициент, m, n, p, q, s — некоторые рациональные числа. Модуль Юнга E определяет упругие свойства материала. По закону Гука относительная деформация стержня под действием силы F , приложенной перпендикулярно его сечению S , равна $\epsilon = \frac{\delta l}{l} = \frac{F}{ES}$.

1. Предложите метод измерения частоты колебаний линейки с помощью стробоскопа.
2. Снимите экспериментальную зависимость $\omega(l)$ минимальной частоты колебаний линейки.
3. По результатам измерений определите значение коэффициента p в формуле.
4. Определите значения коэффициентов m, n, q, s в формуле.

Оборудование: стробоскоп, стальная линейка толщиной $h_1 = (1.00 \pm 0.01)$ мм, зажим, миллиметров бумага.

**Материалы занятий 9 класса
группы 9-1, 9-2, 9-3
(Санкт-Петербург)**

	Группа 9-1	Группа 9-2	Группа 9-3
13.07	Колебания (лекция — Люлина)	Колебания (лекция — Конаныхин)	Колебания (лекция — Конаныхин)
	Эксперимент (Беляков)	Задачи (Люлина, Гуцол)	Задачи (Конаныхин, Барыгин)
	Задачи (Люлина, Барыгин)	Эксперимент (Беляков)	Эксперимент (Гуцол)
14.07	Механика твердого тела (лекция — Барыгин)	Введение в квантовую механику (лекция — Конаныхин)	Производные и интегралы (лекция — Люлина)
	Эксперимент (Гуцол)	Задачи (Конаныхин, Барыгин)	Задачи (Люлина, Беляков)
	Задачи (Конаныхин, Барыгин)	Эксперимент (Гуцол)	Эксперимент (Беляков)
15.07	Колебания (лекция — Люлина)	Колебания (лекция — Конаныхин)	Колебания (лекция — Конаныхин)
	Эксперимент (Беляков)	Задачи (Люлина, Гуцол)	Задачи (Конаныхин, Барыгин)
	Задачи (Люлина, Барыгин)	Эксперимент (Беляков)	Эксперимент (Гуцол)
16.07	Механика твердого тела (лекция — Барыгин)	Введение в квантовую механику (лекция — Конаныхин)	Производные и интегралы (лекция — Люлина)
	Эксперимент (Гуцол)	Задачи (Конаныхин, Барыгин)	Задачи (Люлина, Беляков)
	Задачи (Конаныхин, Барыгин)	Эксперимент (Гуцол)	Эксперимент (Беляков)

	Группа 9-1	Группа 9-2	Группа 9-3
17.07	Колебания (лекция — Люлина)	Колебания (лекция — Конаныхин)	Колебания (лекция — Конаныхин)
	Эксперимент (Беляков)	Задачи (Люлина, Гуцол)	Задачи (Конаныхин, Барыгин)
	Задачи (Люлина, Барыгин)	Эксперимент (Беляков)	Эксперимент (Гуцол)
18.07	Выходной		
19.07	Механика твердого тела (лекция — Барыгин)	Введение в квантовую механику (лекция — Конаныхин)	Производные и интегралы (лекция — Люлина)
	Эксперимент (Гуцол)	Задачи (Конаныхин, Барыгин)	Задачи (Люлина, Беляков)
	Задачи (Конаныхин, Барыгин)	Эксперимент (Гуцол)	Эксперимент (Беляков)
20.07	Физбой		
21.07	Колебания (лекция — Люлина)	Колебания (лекция — Конаныхин)	Колебания (лекция — Конаныхин)
	Эксперимент (Беляков)	Разбор физбоя	Разбор физбоя
	Задачи (Люлина, Барыгин)	Эксперимент (Беляков)	Эксперимент (Гуцол)
22.07	Физбой		

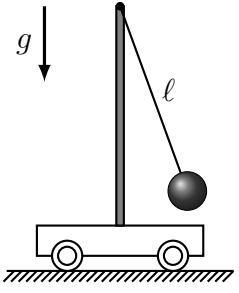
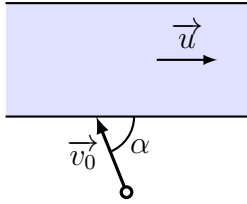
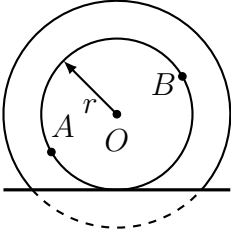
	Группа 9-1	Группа 9-2	Группа 9-3
23.07	Выходной		
24.07	Механика твердого тела (лекция — Барыгин)	Введение в квантовую механику (лекция — Конаныхин)	Производные и интегралы (лекция — Люлина)
	Эксперимент (Гуцол)	Задачи (Конаныхин, Барыгин)	Задачи (Люлина, Беляков)
	Задачи (Конаныхин, Барыгин)	Эксперимент (Гуцол)	Эксперимент (Беляков)
25.07	Физхоккей		
26.07	Колебания (лекция — Люлина)	Колебания (лекция — Конаныхин)	Колебания (лекция — Конаныхин)
	Эксперимент (Беляков)	Задачи (Люлина, Гуцол)	Задачи (Конаныхин, Барыгин)
	Задачи (Люлина, Барыгин)	Эксперимент (Беляков)	Эксперимент (Гуцол)
27.07	Механика твердого тела (лекция — Барыгин)	Введение в квантовую механику (лекция — Конаныхин)	Производные и интегралы (лекция — Люлина)
	Эксперимент (Гуцол)	Задачи (Конаныхин, Барыгин)	Задачи (Люлина, Беляков)
	Задачи (Конаныхин, Барыгин)	Эксперимент (Гуцол)	Эксперимент (Беляков)

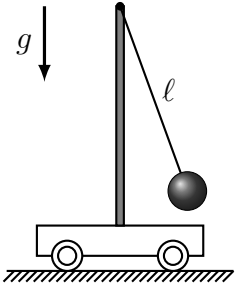
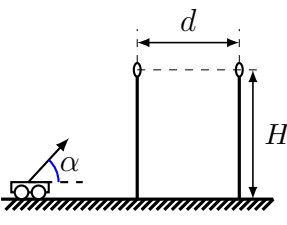
	Группа 9-1	Группа 9-2	Группа 9-3
28.07	Законы сохранения (Александров)	Законы сохранения (Александров)	Задачи (Люлина, Барыгин)
	Законы сохранения (Александров)	Законы сохранения (Александров)	Эксперимент (Беляков)
	Техника эксперимента (Варламов)	Техника эксперимента (Варламов)	Задачи (Конаныхин)
29.07	Выходной		
30.07	День экспериментатора		
31.07	Колебания (лекция — Люлина)	Колебания (лекция — Конаныхин)	Колебания (лекция — Конаныхин)
	Механика твердого тела (лекция — Барыгин)	Введение в квантовую механику (лекция — Конаныхин)	Производные и интегралы (лекция — Люлина)
	Задачи	Задачи	Задачи
1.08	Итоговая контрольная		

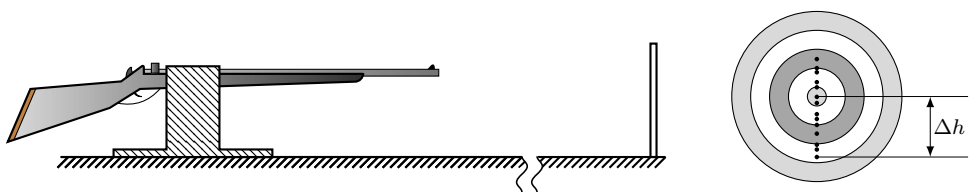
Понятие о производных: определение, основные свойства, производные некоторых функций. Механические колебания. Определение. Движение вблизи положения устойчивого равновесия. Потенциальная энергия тела, возвращающая сила. Задача о грузике на горизонтальной поверхности без трения и вынуждающей силы. Вывод уравнения свободных гармонических колебаний через второй закон Ньютона и через закон сохранения энергии. Решение уравнения, понятия амплитуды, частоты, фазы, периода колебаний. Векторные диаграммы. Начальные условия. Решение той же задачи для грузика с ненулевой начальной скоростью. Выбор начала отсчета. Задача о подвешенном на пружинке грузике. Вывод уравнения колебаний для математического маятника. Физический маятник. Момент инерции твердого тела. Теорема Штейнера. Вывод уравнения колебаний для однородного шара, подвешенного в верхней точке.

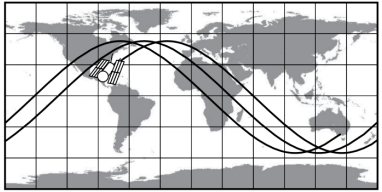
Литература

Физика для углубленного изучения. Механика (И.Е. Бутиков, А.С. Кондратьев)

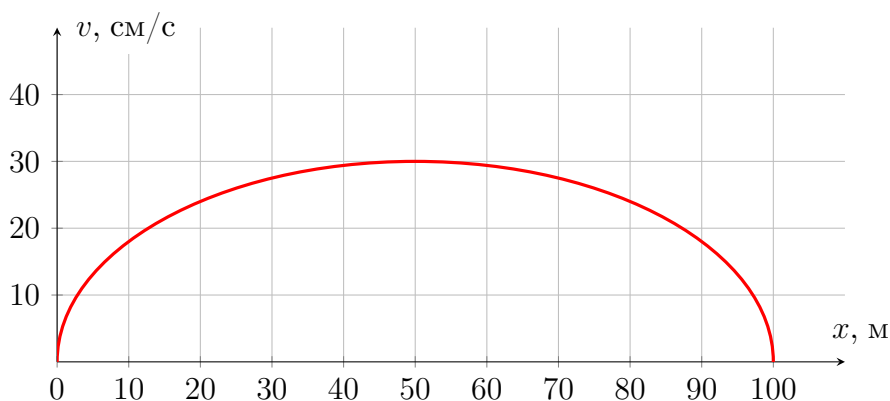
1	Тело массы m , подвешенное на пружине, совершает колебания так, что наибольшее значение скорости равно v_0 , а наибольшее отклонение от положения равновесия равно x_0 . Определите жесткость пружины.	
2	Амплитуда малых колебаний математического маятника, стоящего на тележке, равна x_0 , а амплитуда колебаний тележки y_0 . Длина нити маятника l . Определите максимальную скорость маятника и тележки. Трением пренебречь.	
3	Мешочек с песком бросают с горизонтальной поверхности земли под некоторым углом α к горизонту с начальной скоростью v_0 . После приземления он теряет вертикальную составляющую скорости. Найдите максимальное горизонтальное перемещение мешочка относительно точки бросания и угол α , при котором оно достигается. Коэффициент трения между мешком и плоскостью равен μ . Ускорение свободного падения g . Время удара считайте малым.	
4	Во время экскурсии на кондитерскую фабрику экспериментатор Глюк заметил, что скорость конфеты, попадающей из упаковочной машины под углом $\alpha = 60^\circ$ на ленту транспортера, сначала уменьшается, а потом увеличивается. Начальная скорость \vec{v}_0 конфеты равна по модулю скорости \vec{u} ленты транспортера и лежит в плоскости ленты. Чему равна скорость \vec{v}_0' конфеты относительно ленты транспортера сразу после попадания ее на ленту? Вычислите минимальную скорость v_{min} конфеты относительно неподвижного Глюка.	
5	<p>По рельсам катится с постоянной скоростью вагонетка. Радиус ее колеса равен r, а радиус реборды (бортика, выступающего за обод колеса и предохраняющего колесо от схода с рельса) существенно больше. В некоторый момент времени скорости двух диаметрально противоположных точек A и B обода равны по модулю v_A и v_B соответственно.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. С какой скоростью катится колесо? 2. В тот же момент времени скорость некоторой точки C, находящейся на реборде, направлена вертикально и равна v_C. однозначно ли определяется положение этой точки? 3. Чему равна проекция ускорения a_{C_y} на вертикальную координатную ось? 	

1	Тело массы m , подвешенное на пружине, совершает колебания так, что наибольшее значение скорости равно v_0 , а наибольшее отклонение от положения равновесия равно x_0 . Определите жесткость пружины.	
2	Амплитуда малых колебаний математического маятника, стоящего на тележке, равна x_0 , а амплитуда колебаний тележки y_0 . Длина нити маятника l . Определите максимальную скорость маятника и тележки. Трением пренебречь.	
3	На ровном гладком полу установлены два шеста высоты H с небольшими кольцами наверху. Расстояние между кольцами d , а их плоскости перпендикулярны линии, соединяющей вершины шестов. По полу может перемещаться маленький робот, функция которого - запускать небольшие мячики с фиксированной скоростью v_0 под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту. Скорость v_0 подобрана так, что $v_0^2 > 4gH$. При каком минимальном $d \neq 0$ робот может выполнить бросок так, чтобы мячик пролетел сквозь оба кольца? Удар мяча о пол считайте абсолютно упругим. Отдельно рассмотрите случай, когда gH много меньше v_0^2 .	
4	Мелкокалиберную винтовку закрепили на стенде так, что её ствол оказался горизонтальным. После этого из винтовки начали стрелять в мишень, находящуюся от неё на расстоянии $L = 50$ м. Из-за небольшого разброса Δv скоростей пули они попадают в мишень на разной высоте, причём максимальное отклонение высоты их попадания в мишень от её среднего значения составляет $\Delta h = 17$ мм. Определите максимальное отклонение Δv скорости пули от её среднего значения $v_0 = 350$ м/с.	



5	На большом экране в Центре управления полетами отображается траектория Международной космической станции — след от пересечения поверхности Земли прямой, проведенной от центра Земли к станции. Станция движется по круговой орбите. Оцените с помощью данного рисунка высоту h космической станции над поверхностью Земли. Считайте, что радиус Земли равен $R = 6380$ км, ускорение свободного падения на поверхности Земли $g = 9.81$ м/с ² .	
---	---	---

1	Тело массы m , подвешенное на пружине, совершает колебания так, что наибольшее значение скорости равно v_0 , а наибольшее отклонение от положения равновесия равно x_0 . Определите жесткость пружины.	
2	Две машины едут по прямому участку дороги навстречу друг другу. Графики зависимостей скоростей машин от пройденного расстояния приведены на рисунке. В начале расстояние между машинами было равно 20 км. Чему равна средняя скорость сближения машин до их встречи? С какой максимальной скоростью сближались машины? Сколько времени длилось сближение с максимальной скоростью?	
3	Колесо диаметра D катится без проскальзывания по горизонтальной поверхности. В некоторый момент скорость верхней точки B колеса равна v_0 . Чему в этот момент равно ускорение нижней точки A , которой колесо касается горизонтальной поверхности?	
4	Мальчик смог переплыть реку шириной $L = 100$ м за минимальное время. Скорость мальчика относительно воды постоянна и равна $v = 1$ м/с. Зависимость скорости течения от расстояния от берега приведена на графике. При удачном выборе масштаба график представляет собой полуокружность. На какое расстояние вниз по реке снесло мальчика течением? Считайте, что в любом месте реки скорость течения направлена вдоль берегов.	



Оборудование: кусок плотного картона с неровным краем и разметкой на ровном краю (черточки с постоянным расстоянием между ними 0.3 см, известным студентам), кусок нити, скотч.

Задача: измерить атмосферное давление.

Рекомендации:

1. Студентам не разрешается пользоваться линейкой или тетрадным листом
2. Студенты должны иметь возможность полностью обмотать кусок картона ниткой с шагом, равным расстоянию между рисками.
3. Заранее надо знать площадь каждого куска (определить её точно можно взвешиванием)

Решение:

1. Обмотать картонку нитью с шагом, равным расстоянию между черточками.
2. Измерить длину нити с помощью нижнего края.
3. Умножить её на расстояние между черточками.
4. Сделать поправку на угол наклона.
5. Учесть верхнюю скругленную часть в виде погрешности.

Разбалловка:

- методика — 2 балла;
- измерение — 1 балл;
- анализ источников погрешности — 4 балла;
- погрешность $< 10\%$ — 1 балл;
- результат — 2 балла.

Оборудование: резиновая трубка (от капельницы, длина 1.5 м), рулетка, вода, зажимы.

Задача: измерить атмосферное давление.

Рекомендации: заранее проверьте, что зажимы герметизируют трубку.

Решение:

1. Методика №1. Опустить трубку в воду. Зажать верхний конец так, чтобы внутри было примерно 15 см воздуха. Далее трубка вытаскивается, столбы воды и воздуха измеряются. После переворачиваем трубку и измеряем, на сколько сжался воздух.
2. Методика №2. Заполняем трубку водой, оставляя по 10–15 см воздуха с каждого конца. Зажимаем один из концов и поднимаем другой примерно на 1 м. Измеряем, на сколько сжался воздух.

Разбалловка:

- методика — 2 балла;
- высота столба жидкости > 60 см — 1 балл;
- измерения — 2 балла;
- расчеты — 2 балла;
- погрешность — 1 балл;
- результат — 2 балла.

Оборудование: вольтметр, источник тока, резистор с известным сопротивлением 1 МОм, резистор с неизвестным сопротивлением, соединительные провода.

Задача: найти внутреннее сопротивление вольтметра и сопротивление резистора.

Разбалловка:

- методика — 2 балла;
- измерения — 1 балла;
- расчеты — 2 балла;
- погрешность — 4 балла;
- результат — 1 балл.

Напоминание: правило рычага и правило моментов. Векторное произведение и его свойства. Координаты векторного произведения. Определение момента силы как векторного произведения радиус-вектора и силы. Эквивалентность этого определения правилу моментов. Определение момента импульса. Аналогия между величинами, описывающими поступательное и вращательное движение. Скорость изменения момента импульса для материальной точки. Понятие о центральном поле. Сохранение момента импульса в центральном поле. Связь этого факта со вторым законом Кеплера. Задача: определить расстояние от планеты до звезды в афелии, если известны расстояние в перигелии, скорость в перигелии и масса звезды. Задача: тело брошено под углом к горизонту, определить зависимость момента импульса от времени относительно точки броска.

Предпосылки к открытию квантовой механики. Потеря энергии электроном при вращении вокруг атомного ядра в классической физике. Как следствие - короткое время жизни. Фотоэффект: существование красной границы. Спектр атома водорода: его дискретность и выражение через серии. Отличие квантовой механики от классической: отсутствие траектории, существование волновой функции, смысл квадрата ее модуля. Уравнение Шредингера, принцип суперпозиции, операторы физических величин, их вид для импульса и энергии.

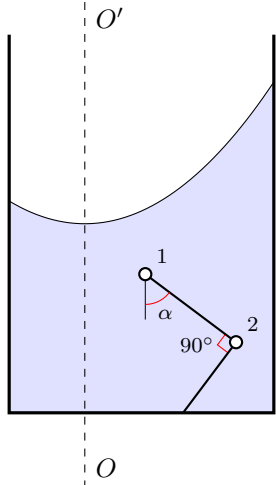
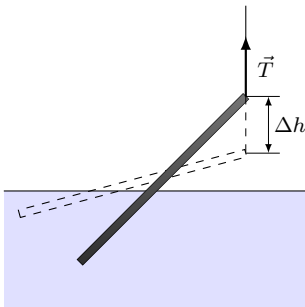
Определение производной. Геометрический смысл. Физический смысл. Примеры, когда для описания явления необходимо рассматривать бесконечно малые изменения физических величин. Движение под действием непостоянной силы: скатывание шарика с поверхности цилиндра, движение пули в деревянной доске. Нахождение объема неоднородных тел. Основные дифференциальные уравнения механики. Движение тела с переменной массой. Вывод уравнения Мещерского. Вывод таблицы производных по определению: производная константы, синуса, косинуса, показательной функции и, в частности, экспоненты, степенной функции. Примеры.

Изохронность осциллятора. Обобщенные координаты. Квадрат частоты как отношение коэффициентов потенциальной и кинетической энергии. Энергетические превращения. Потенциальная и кинетическая энергия системы (на примере грузика, подвешенного на пружинке) в точках максимального отклонения и в положении равновесия. Гармонические колебания потенциальной и кинетической энергии. Понятие фазовой плоскости. Особенности движения в фазовой плоскости. Вывод уравнения фазовой траектории гармонического осциллятора. Связь фазовой траектории с графиками смещения и скорости. Сопоставление фазовой траектории осциллятора с графиком потенциальной энергии. Движение с несколькими степенями свободы. Нормальные моды колебаний. Задача о двойном математическом маятнике. Собственные колебания двойного маятника.

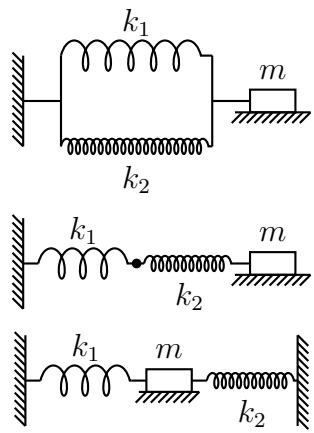
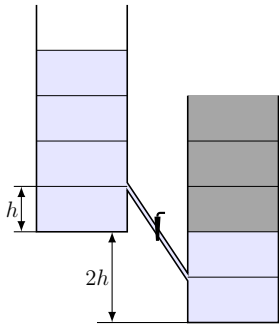
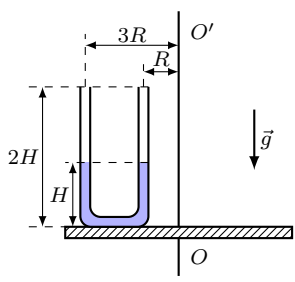
Литература

1. Физика для углубленного изучения. Механика (И.Е. Бутиков, А.С. Кондратьев)
2. Физика в примерах и задачах (И.Е. Бутиков, А.А. Быков, А.С. Кондратьев)
3. Задачи по физике (под ред. Савченко О.Я.) №3.2.4

<p>1</p>	<p>Найдите периоды T колебаний систем, изображенных на рис. а, б, в. Коэффициенты жесткости пружин равны k_1 и k_2, масса груза m. Трение отсутствует.</p>	
<p>2</p>	<p>На рисунке показано положение равновесия колебательной системы — математического маятника с пружинной связью. Найдите период T малых колебаний системы. Каким станет период T' если пружину заменить тонкой плоской резины той же длины и жесткости?</p>	
<p>3</p>	<p>В ракете, готовой к старту, находится большой аквариум, частично заполненный водой плотностью ρ_0. Внутри аквариума помещен тонкий цилиндрический поплавок плотностью ρ с поперечным сечением S, прикрепленный ко дну лёгкой пружиной жесткостью k. Перед стартом ракеты пружина растянута на x_0, а поплавок частично выступает из воды.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Определите, увеличится или уменьшится высота выступающей части поплавка, если система придёт в движение с постоянным ускорением, направленным вверх. Ответ обоснуйте. 2. При достижении ракетой ускорения a высота выступающей над водой части поплавка изменилась на x. Найдите аналитическую зависимость x от a. 3. Рассчитайте численное значение x для следующих параметров задачи: $k = 10$ Н/м, $x_0 = 1$ см, $\rho_0 = 1000$ кг/м³, $S = 10^{-4}$ м², $g = 10$ м/с², $a = 3g$. 	

<p>4</p>	<p>Деревянный и металлический шарики связаны нитью и прикреплены одной нитью ко дну сосуда с водой. Сосуд вращается с постоянной угловой скоростью вокруг вертикальной оси OO'. В результате шарики, оставаясь полностью в воде, расположились так, как показано на рисунке. Деревянный шарик (1) находится от оси вращения на расстоянии втрое меньшем, чем металлический (2). Верхняя нить составляет угол α ($\sin \alpha = 4/5$) с вертикалью. Угол между нитями равен 90°. Размеры шариков малы по сравнению с их расстояниями до оси вращения.</p> <p>1. Под каким углом к вертикали направлена сила Архимеда, действующая на деревянный шарик? Дайте объяснение.</p> <p>2. Найдите отношение сил натяжения верхней и нижней нитей.</p>	
<p>5</p>	<p>Подъемный кран медленно поднимает с помощью троса плавающее в воде бревно. Трос прикреплен к одному концу бревна, которое можно считать тонким цилиндром с постоянной плотностью. Масса бревна равна m, а длина равна L. Отношение плотностей воды и древесины $\gamma = 4/3$. Ускорение свободного падения g.</p> <p>1. Какую минимальную работу A нужно совершить крану, чтобы полностью вытащить бревно из воды?</p> <p>2. Постройте график зависимости силы натяжения T троса от высоты над водой h приподнимаемого конца бревна. Укажите характерные точки графика.</p> <p>3. Какую работу A_h совершит кран при переводе бревна из одного наклонного положения в другое наклонное положение, в котором верхний конец бревна поднялся на высоту $\Delta h = L/5$?</p>	

<p>1</p>	<p>Найдите периоды T колебаний систем, изображенных на рис. а, б, в. Коэффициенты жесткости пружин равны k_1 и k_2, масса груза m. Трение отсутствует.</p>	
<p>2</p>	<p>Чему равен период T колебаний математического маятника длиной l: а) в лифте, ускорение которого направлено вверх и равно a; б) в лифте, ускорение которого направлено вниз ($a < g$); в) в поезде, движущемся горизонтально с ускорением a; г) на тяжелой тележке, съезжающей без трения с наклонной плоскости под углом α к горизонту? Чему равен во всех этих случаях период колебаний пружинного маятника?</p>	
<p>3</p>	<p>Шар перекрывает отверстие радиуса r в плоской стенке, разделяющей жидкости, давление которых $3P$ и P. С какой силой прижимается шар к отверстию?</p>	
<p>4</p>	<p>Сферический баллон радиуса R со стенками толщины A разрывается внутренним давлением P. Определите предел прочности материала стенок.</p>	
<p>5</p>	<p>Нижняя грань правильного тетраэдра с ребром a, полностью погруженного в жидкость плотности ρ, находится на глубине h. Определите силу, действующую со стороны жидкости на боковую грань тетраэдра, если атмосферное давление равно P.</p>	

1	<p>Найдите периоды T колебаний систем, изображенных на рисунках. Коэффициенты жесткости пружин равны k_1 и k_2, масса груза m. Трение отсутствует.</p>	
2	<p>Чему равен период T колебаний математического маятника длиной ℓ: а) в лифте, ускорение которого направлено вверх и равно a; б) в лифте, ускорение которого направлено вниз ($a < g$); в) в поезде, движущемся горизонтально с ускорением a; г) на тяжелой тележке, съезжающей без трения с наклонной плоскости под углом α к горизонту? Чему равен во всех этих случаях период колебаний пружинного маятника?</p>	
3	<p>Тело плотностью ρ плавает на границе раздела двух жидкостей с плотностями ρ_1 и ρ_2, причем $\rho_1 > \rho_2$. Какая часть объема тела погружена в «нижнюю» жидкость?</p>	
4	<p>Два сообщающиеся сосуда, частично заполненные жидкостью с плотностью ρ до высот $4h$ и $2h$, соответственно, смещены по вертикали на высоту $2h$. Кран в трубке изначально закрыт. В правый сосуд добавляют жидкости плотностью 0.8ρ столько, что она занимает объем высотой $3h$. Какой по высоте столб жидкости с плотностью 0.8ρ останется в правом сосуде после того как кран откроют и установится равновесие? Сверху все сосуды открыты. Объемом соединительных трубок можно пренебречь.</p>	
5	<p>Тонкая трубка постоянного внутреннего сечения с открытыми вертикально расположенными коленами закреплена на горизонтальной платформе. Вертикальные колена трубки высотой $2H$ расположены на расстояниях R и $3R$ от вертикальной оси OO'. В трубку наливают жидкость плотностью ρ до высоты H. Затем левое колено закрывают пробкой и платформу приводят во вращение. При вращении вокруг оси OO' с постоянной угловой скоростью в коленах устанавливается разность уровней жидкости $H/2$.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Найдите давление воздуха над пробкой. 2. Найдите угловую скорость вращения. <p>Атмосферное давление P_0 известно. Давление насыщенных паров жидкости не учитывать.</p>	

Напоминание: второй закон Ньютона для системы тел. Момент импульса для системы материальных точек. Третий закон Ньютона и направление силы взаимодействия двух материальных точек. Закон сохранения момента импульса. Пример: ускорение вращения при сближении тел. Определение твердого тела. Связь между скоростями двух точек твердого тела. Поступательное и вращательное движение твердого тела. Мгновенный центр вращения. Угловая скорость. Трехмерный случай: мгновенная ось вращения, вектор угловой скорости. Формула для вектора скорости точки, принадлежащей вращающемуся твердому телу. Степени свободы твердого тела. Полярные и аксиальные векторы. Трансформационные свойства векторных и скалярных произведений.

Опыт с пулеметной стрельбой: вероятность попадания в поглотитель классических объектов. Опыт с волнами, понятие интерференции. Опыт с электронами. Интерференция электронов при прохождении через экран с двумя отверстиями. Ее отсутствие при последовательном закрытии одного из них. Отсутствие интерференции при попытке наблюдения за электронами. Вывод о наличии фундаментальных ограничений на точность наблюдения. Вероятность взаимоисключающих событий при отсутствии и наличии наблюдения. Утверждение о прохождении электрона сквозь одно из отверстий. Принцип неопределенности в формулировке Гейзенберга. Пример необходимости принципа неопределенности для справедливости квантовой механики.

Правила вычисления производных, связанные с арифметическими действиями над функциями. Теорема о производной суммы, произведения и частного. Доказательство. Следствия о производной произведения функции и константы и производной линейной комбинации функций. Примеры. Вывод производных тангенса и котангенса. Теорема о производной обратной функции. Примеры. Вывод производной обратных тригонометрических функций, логарифма, и, в частности, натурального логарифма. Примеры.

Оборудование: лампочка, реостат, мультиметр.

Задача: построить график зависимости силы тока через лампочку от напряжения на ней.

Разбалловка:

- идея метода — 2 балла;
- измерения — 1 балл;
- расчеты — 2 балла;
- подсчет погрешности — 2 балла;
- результат — 2 балла;
- оформление — 1 балл.

Оборудование: пробирка, миллиметровка, скотч, подсолнечное масло, вода, ёмкость (куда полностью может погрузиться пробирка).

Задача: измерить плотность масла.

Рекомендации:

1. Ни в коем случае не давайте учащимся в руки масло! Оставьте масло у себя и наливайте по требованию студентов с помощью шприца.
2. Заранее определите плотность купленного вами масла.

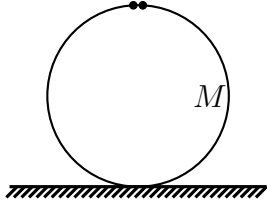
Решение:

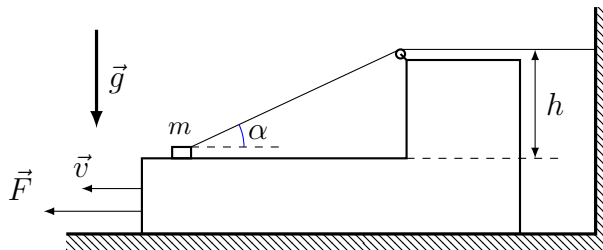
1. Плотно примотать миллиметровку скотчем к пробирке.
2. Налить немного воды в пробирку, чтобы убрать погрешность из-за скругления на дне.
3. Измерить, насколько она погружается.
4. Заполнить половину пробирки водой. Измерить, насколько опустилась пробирка. Таким образом, узнаем об отношении внутреннего и внешнего сечения.
5. Вылить почти всю воду и налить масло, измерить, насколько погрузилась пробирка, и, зная отношение сечений, и высоту столба масла, найти плотность масла.

Разбалловка:

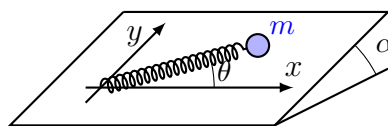
- методика — 2 балла;
- измерение — 1 балл;
- миллиметровка прилеплена к пробирке — 1 балл;
- учтена толщина стенок — 1.5 балл;
- учтено неровное дно — 1.5 балла;
- погрешность $< 10\%$ — 1 балл;
- результат — 2 балла.

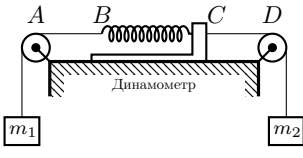
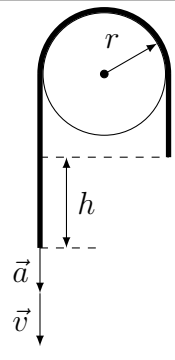
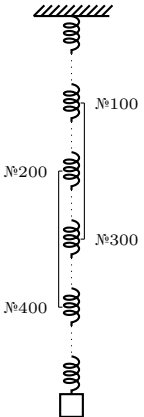
Множество комплексных чисел. Корни алгебраических уравнений. Мнимая единица. Алгебраическая форма записи комплексных чисел. Действительная и мнимая части. Действия над комплексными числами: сравнение, сложение, вычитание, умножение, деление. Комплексная плоскость. Комплексные числа как вектора. Модуль и аргумент. Свойства модуля и аргумента. Тригонометрическая форма записи. Комплексно-сопряженные числа и их свойства. Показательная форма записи. Комплексная экспонента. Вывод формулы Эйлера. Формула Муавра. Основная теорема алгебры. Примеры.

1	Найдите модуль числа $1 + e^{i\varphi}$.	
2	Найдите действительную часть числа $6e^{4\pi/3}$.	
3	Переведите число $\sqrt{3} + i$ из алгебраической формы в экспоненциальную, а число $2e^{3\pi/4}$ из экспоненциальной в алгебраическую.	
4	Тонкое проволочное кольцо массы M стоит на горизонтальной плоскости. По кольцу могут скользить без трения две одинаковые бусинки массой m каждая. В начальный момент времени бусинки находятся вблизи верхней точки кольца. Их одновременно отпускают, и они начинают двигаться симметрично. При каком отношении масс $n = m/M$ кольцо оторвётся от плоскости?	
5	На платформе с прямоугольным выступом высотой h лежит небольшое тело массой m . К нему прикреплен один конец невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через идеальный блок, установленный на выступе платформы. Второй конец нити закреплен на вертикальной стене так, что участок нити между блоком и стеной горизонтален. Платформу перемещают от стены с постоянной скоростью \vec{v} . С какой силой \vec{F} нужно тянуть платформу в тот момент, когда участок нити над платформой составляет угол α с горизонтом? Сила \vec{F} горизонтальна и лежит в плоскости рисунка. Коэффициент трения между телом и платформой μ , между платформой и полом трения нет. Считайте, что во время движения груз от платформы, а платформа от пола не отрываются.	



6	На наклонной плоскости находится небольшая шайба массы m . К шайбе прикреплен один конец лёгкой пружины жёсткости k и длины L (в недеформированном состоянии). Другой конец пружины закреплён в некоторой точке O . Угол наклона плоскости и коэффициент трения μ шайбы о плоскость связаны соотношением: $\operatorname{tg} \alpha = \mu$. Определите области, в которых шайба находится в состоянии равновесия, их границы и изобразите их качественно на плоскости xy в двух случаях: 1. Пружина подчиняется закону Гука как при растяжении, так и при сжатии. 2. Пружина подчиняется закону Гука только при растяжении (например, пружина заменена лёгкой резинкой).	
---	---	--



1	Найдите модуль числа $1 + e^{i\varphi}$.	
2	Найдите действительную часть числа $6e^{4\pi/3}$.	
3	Переведите число $\sqrt{3} + i$ из алгебраической формы в экспоненциальную, а число $2e^{3\pi/4}$ из экспоненциальной в алгебраическую.	
4	В установке масса динамометра равна M , а массы грузов — m_1 и m_2 . Коэффициент трения между динамометром и поверхностью стола μ . Участки AB и CD нити горизонтальны. Массами обеих нитей, блоков, а также пружинки можно пренебречь. Найдите показания динамометра, если они постоянны.	
5	Однородный нерастяжимый канат линейной плотностью ρ (кг/м) тянут через блок радиусом r . В некоторый момент разность длин свисающих кусков равна h , а левый конец каната движется вниз со скоростью v и ускорением a . Найдите горизонтальную F_x и вертикальную F_y проекции суммы всех сил, действующих на канат в этот момент времени. Свисающие концы каната движутся по вертикали.	
6	К невесомой пружине, имеющей 500 витков, подвесили груз, в результате чего она удлинилась на $x_0 = 10$ см. Затем груз убрали и нерастяжимыми нитями связали виток №100 с витком №300, а виток №200 с витком №400. Длина каждого куска нити равна длине участка пружины между связываемыми витками в свободном состоянии. На какую величину x удлинится пружина при наличии нитей, если к ней подвесить тот же груз?	

1	Найдите модуль числа $1 + e^{i\varphi}$.	
2	Найдите действительную часть числа $6e^{4\pi/3}$.	
3	Переведите число $\sqrt{3} + i$ из алгебраической формы в экспоненциальную, а число $2e^{3\pi/4}$ из экспоненциальной в алгебраическую.	
4	Амплитуда затухающих колебаний осциллятора за время τ уменьшилась вдвое. Как за это время изменилась механическая энергия осциллятора? За какое время его энергия уменьшилась вдвое?	
5	Пусть затухание достаточно слабое, так что осциллятор, выйдя из начального равновесного положения со скоростью v , через время T снова проходит положение равновесия со скоростью v/n , $n > 1$. Что можно сказать про скорость осциллятора через время $2T$, $3T$?	
6	<p>При каких массах груза m возможно равновесие однородного рычага массы M, изображённого на рисунке? Приведите анализ системы на устойчивость. Штрихами рычаг делится на 7 равных фрагментов. Найдите, какие значения может принимать сила натяжения перекинутой через блок нити.</p> <p>Примечание: равновесие системы устойчиво, если при повороте рычага в любую сторону относительно опоры на малый угол система возвращается в исходное положение.</p>	
7	<p>На наклонной плоскости лежит кубик массой m. На ту же плоскость аккуратно кладут цилиндр так, что он соприкасается с боковой гранью кубика. При какой максимальной массе M_{max} цилиндра система будет оставаться в равновесии? Коэффициент трения между всеми поверхностями, о которых идет речь в задаче, равен $\mu = 0.5$. Угол α наклона плоскости таков, что $\operatorname{tg} \alpha = 1/4$. Радиус цилиндра меньше длины ребра кубика.</p>	
8	<p>Крокодил Гена с Чебурашкой решили покататься с горы. Гена установил на санки лебёдку с мотором, взял лыжи, и друзья отправились на гору. Там они встали на склон, составляющий с горизонтом угол α. Чебурашка включил мотор, а Гена, взявшись за трос, покатился с горы. С каким ускорением a поехал Гена, если санки с Чебурашкой остались в покое? Масса санок вместе с мотором, лебёдкой и Чебурашкой равна массе Гены вместе с лыжами. Коэффициенты трения между снегом и санками и между снегом и лыжами равны μ.</p>	

Напоминание: второй закон Ньютона для системы тел. Момент импульса для системы Момент инерции. Связь момента сил с угловым ускорением. Вращение твердого тела на фиксированной оси. Пример: расчет периода колебаний маятника на легком стержне с грузом посередине. Пример: период колебаний физического маятника. Теорема Штейнера. Расчет момента инерции однородного стержня (через подобие и теорему Штейнера; через интегрирование). Расчет момента инерции прямоугольного параллелепипеда. Расчет момента инерции полого и полного цилиндров.

Формула Ридберга, необходимость описания большого количества частот излучения атома. Модель Томпсона. Опыт Резерфорда. Вывод о наличии массивного положительно заряженного атомного ядра. Планетарная модель. Невозможность описания спектра атома и другие недостатки предыдущих моделей. Постулаты Бора: дискретность энергетических уровней в атоме, излучение фотона определенной частоты при энергетических переходах, квантование момента импульса. Формула для энергии в атоме водорода, ее согласие с опытом. Опыт Франка–Герца: подтверждение дискретности энергетических уровней атома.

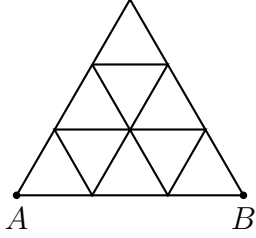
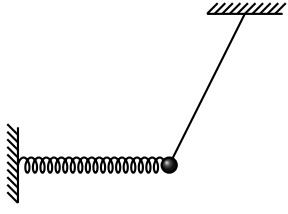
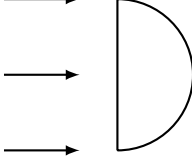
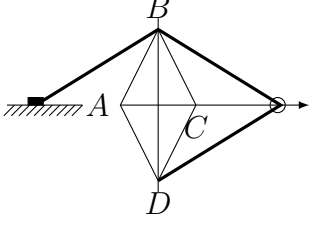
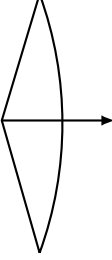
Определение первообразной функции. Лемма об отличии первообразных одной и той же функции на константу. Множество всех первообразных функции. Определение неопределенного интеграла. Основные свойства интеграла (интеграл дифференциала, дифференциал интеграла, свойство аддитивности, интеграл произведения функции и константы, следствие о линейности интеграла). Табличные интегралы, выводящиеся из полученной ранее таблицы производных. Примеры. Определенный интеграл. Формула Ньютона-Лейбница. Примеры. Геометрический смысл определенного интеграла. Сумма бесконечно малых участков площади. Площадь под графиком. Примеры.

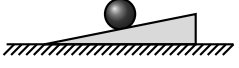
Оборудование: черный ящик с известной схемой, мультиметр в режиме омметра.

Задача: найти R и r , а также местоположение резистора R .

Разбалловка:

- измерение — 1 балл;
- два варианта — 1 балл;
- расчеты — 2 балла;
- ответ — 2 балла;
- погрешность — 1 балл;
- полное доказательство — 3 балла.

1	<p>Определите сопротивление цепи между точками A и B, если сопротивление каждого ребра маленького треугольника равно r.</p>	
2	<p>На рисунке изображено положение равновесия системы, состоящей из груза массы m, прикрепленного к стержню длины l и пружине жесткости k. Угол отклонения стержня от вертикали равен α_0. Длина пружины в нерастянутом состоянии пренебрежимо мала. Определите период малых колебаний системы. Массой пружины и стержня пренебрегите.</p>	
3	<p>Полушарие из прозрачного материала с показателем преломления n освещается с плоской стороны под прямым углом к поверхности. На расстоянии L за полусферой находится экран, перпендикулярный направлению падающего освещения. Считая, что расстояние L много больше диаметра полусферы, определите диаметр светлого пятна на экране.</p>	
4	<p>Некто сделал ромб $ABCD$ из стержней, скрепленных шарнирами. Шарниры надеты на планки. Левый шарнир A закреплен на планке, остальные могут свободно по ним скользить. Сторона ромба a, угол ADC равен α. На горизонтальной планке на расстоянии a от C закреплено небольшое кольцо. Симметрично относительно вертикальной планки на горизонтальной поверхности находится груз. От груза через верхний шарнир и кольцо протянута нерастяжимая нить, закрепленная в D. В начальный момент нить натянута. Вертикальная планка закреплена, горизонтальную двигают вправо со скоростью v. Найти скорость груза. Трением в шарнирах и кольце пренебrecь. Шарниры, стержни и нить легкие.</p>	
5	<p>В свободном состоянии лук представляет собой прямой стержень длины L, концы которого связаны тетивой длины L. При сгибании лука в нем запасается энергия, зависящая от его радиуса кривизны R по формуле $E = \alpha/R^2$ (α — известный коэффициент). При запуске стрелы сила ее трения о лук постоянна и равна F. Как надо натянуть лук, чтобы стрела вылетела из него? (Найдите минимально необходимое расстояние между концом стрелы и точкой ее касания с луком.) Считайте, что радиус кривизны лука всегда много больше L, и что $\alpha \gg FL^3$. Тетиву считайте нерастяжимой.</p>	

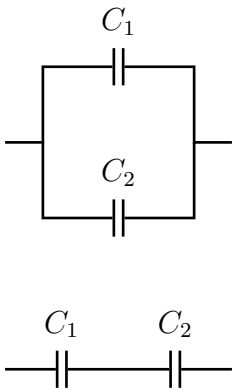
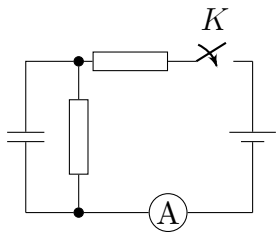
6	<p>Трубу массы t положили на клин массы M с углом α при основании. Масса трубы равномерно распределена по ее поверхности. Проскальзывания между трубой и клином нет. Клин находится на горизонтальной поверхности, трения между ним и поверхностью нет. Определите ускорение клина.</p>	 A diagram showing a sphere of mass t resting on an inclined plane of mass M . The inclined plane is on a horizontal surface. The angle of the incline is α . The sphere is positioned on the incline, and the plane is shown to be on a horizontal surface with hatching below it.
---	---	---

Затухающие колебания. Задача об осцилляторе при наличии вязкого трения. Характеристическое уравнение. Два возможных решения. Экспоненциальный характер затухания. Решения уравнения с заданными начальными условиями. Диссипация энергии. Время жизни колебаний. Добротность, логарифмический декремент затухания. Фазовая траектория. Погрешность стрелочных приборов.


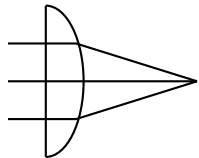
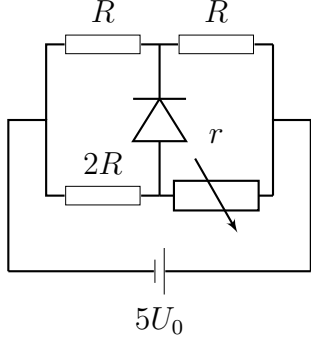
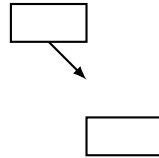
Литература

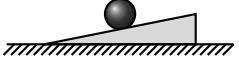
Физика для углубленного изучения. Механика (И.Е. Бутиков, А.С. Кондратьев)

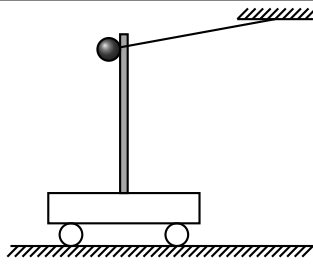
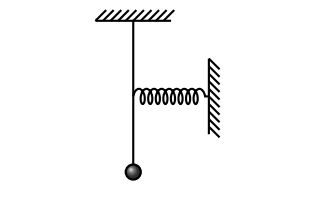
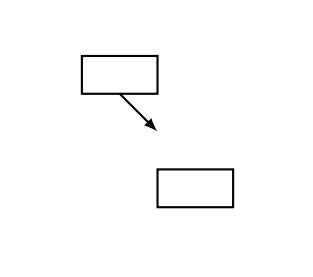
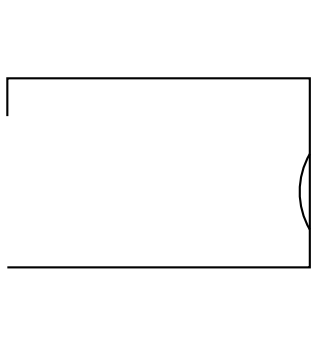
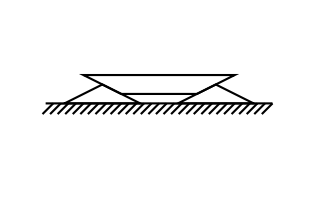
В электрических цепях применяются элементы, способные накапливать заряд. Они называются конденсаторами. Представьте себе две металлических пластины, достаточно близко расположенные друг к другу. Если к ним подключить батарейку, внутренние силы внутри нее начнут переносить заряды с одного полюса на другой. Это приведет к тому, что одна пластина начнет заряжаться положительно, а другая отрицательно. Поскольку изначально полный заряд системы был равен нулю, заряды обкладок равны по величине. Удержание заряда на пластинах требует приложения к ним напряжения. Оказывается, что накапливаемый заряд пропорционален приложенному напряжению. Коэффициент пропорциональности обозначается C и называется электрической емкостью: $Q = CU$. Емкость конденсатора зависит от его геометрических характеристик и от материала, из которого он изготовлен.

1	<p>Рассчитайте емкость системы из двух конденсаторов C_1 и C_2, соединенных параллельно и последовательно соответственно. Указание: в одном из случаев следует воспользоваться тем, что элементы системы вначале были нейтральны.</p>	
2	<p>Амплитуда затухающих колебаний осциллятора за время τ уменьшилась вдвое. Как за это время изменилась механическая энергия осциллятора? За какое время его энергия уменьшилась вдвое?</p>	
3	<p>Пусть затухание достаточно слабое, так что осциллятор, выйдя из начального равновесного положения со скоростью v, через время T снова проходит положение равновесия со скоростью v/n, $n > 1$. Что можно сказать про скорость осциллятора через время $2T$, $3T$?</p>	
4	<p>Электрическая цепь состоит из батареи, конденсатора, двух одинаковых резисторов, ключа K и амперметра A. Вначале ключ разомкнут, конденсатор не заряжен. Ключ замыкают, и начинается зарядка конденсатора. Определите скорость зарядки конденсатора $\Delta q/\Delta t$ в тот момент, когда сила тока I_1, протекающего через амперметр, равна 1.6 мА. Известно, что максимальная сила тока I_{max}, прошедшего через батарею, равна 3 мА.</p>	

<p>5</p>	<p>На рисунке изображена цепь, содержащая идеальный амперметр A, резисторы сопротивлением R и $2R$, ключи K_1 и K_2. Цепь подключена к источнику постоянного напряжения U. Какую силу тока будет показывать амперметр при различных комбинациях ключей K_1 и K_2 (замкнуто — разомкнуто)? Какими будут направления тока на участке BD в различных случаях? В каком случае показания амперметра окажутся максимальными?</p>	
<p>6</p>	<p>В некоторой точке двухпроводной телефонной линии неизвестной длины L произошло повреждение, в результате которого между проводами появилось сопротивление утечки R_x. К обоим концам линии прибыли операторы, имеющие в своем распоряжении приборы для измерения сопротивлений (омметры). Они замерили сопротивления линии при разомкнутых (R_1 и R_2) и закороченных (r_1 и r_2) противоположных концах линии и получили следующие значения: $R_1 = 4$ Ом, $R_2 = 8$ Ом, $r_1 = 3.5$ Ом, r_2 — неизвестно. Из-за нарушения мобильной связи оператор на правом конце не успел передать оператору на левом конце линии, который должен был выполнить необходимые расчеты, значение сопротивления r_2. Помогите оператору на левом конце линии определить сопротивление утечки R_x, расстояние ℓ до места повреждения, общую длину линии L, а также восстановить утраченное из-за плохой связи между операторами значение сопротивления r_2. Погонное сопротивление, то есть сопротивление единицы длины каждого проводника линии, $\rho = 5.0 \cdot 10^{-4}$ Ом/м.</p>	

1	<p>Два стержня соединены шарнирно, верхний из них шарнирно прикреплен к потолку. Нижний конец нижнего стержня движется вертикально вниз с постоянной скоростью v, находясь под точкой крепления к потолку. В некоторый момент времени верхний и нижний стержни образуют углы α и β с вертикалью соответственно, а точка их соединения находится на расстоянии h от вертикали, проведенной через точку крепления к потолку. Найдите модуль ускорения точки соединения стержней в этот момент.</p>	
2	<p>Плосковыпуклая линза идеально собирает падающий на нее пучок света в фокусе. Свет падает на плоскую поверхность линзы перпендикулярно ей. Фокус находится на расстоянии F от плоской поверхности. Линза изготовлена из материала с показателем преломления n, ее максимальная толщина равна a. Определите форму искривленной поверхности линзы (т.е. уравнение поверхности).</p>	
3	<p>Диод, включенный в мост, открывается при напряжении U_0, то есть при приложении к нему напряжения менее U_0 в прямом направлении или при приложении напряжения в обратном направлении ток через него не течет, а в случае протекания тока через диод напряжение на нем равно U_0. Найдите зависимость полного тока в цепи I от сопротивления переменного резистора r, если напряжение источника равно $5U_0$.</p>	
4	<p>Брусок массы m_1 налетает со скоростью v на неподвижный брусок массы m_2. Они соударяются гранями, причем скорость налетающего бруска образует угол α с этими гранями. Коэффициент трения между брусками равен μ. В каком направлении станет двигаться брусок массы m_1 после удара, если бруски не закручиваются и проскальзывание между ними сохраняется в течение всего удара?</p>	
5	<p>Стрела, выпущенная из лука, влетает в куб, лежащий на гладкой горизонтальной поверхности, со скоростью v_0. Масса стрелы m, масса куба M. Длина стрелы L равна длине ребра куба. Стрела попадает в центр боковой грани куба перпендикулярно ей. Сила сопротивления, действующая на стрелу, пропорциональна длине части стрелы, находящейся в кубе, коэффициент пропорциональности равен k. Определите время, за которое стрела полностью войдет в куб. Воздействием силы тяжести на стрелу за время пробития куба можно пренебречь.</p>	

6	<p>Трубу массы t положили на клин массы M с углом α при основании. Масса трубы равномерно распределена по ее поверхности. Коэффициент трения между трубой и клином равен μ. Клин находится на горизонтальной поверхности, трения между ним и поверхностью нет. Определите ускорение клина.</p>	
---	---	---

1	<p>На тележке массы M закреплена штанга, которой касается закрепленный на потолке маятник длины ℓ и массы m. В начальный момент маятник располагается горизонтально, скорости его и тележки равны нулю. Трение в системе отсутствует. Определите конечную скорость тележки.</p>	
2	<p>К середине легкого стержня длины ℓ прикреплена пружина жесткости k, а на конце находится груз массы m. В состоянии равновесия стержень вертикален, а пружина горизонтальна и не деформирована. Определите период малых колебаний системы.</p>	
3	<p>Определите сопротивление цепи между двумя вершинами пятиугольника, если между каждой парой вершин включен резистор сопротивлением R (всего 10 резисторов), и резисторы на диагоналях пятиугольника друг друга не касаются.</p>	
4	<p>Брусек массы m_1 налетает со скоростью v на неподвижный брусок массы m_2. Они соударяются гранями, причем скорость налетающего бруска образует угол α с этими гранями. Коэффициент трения между брусками равен μ. В каком направлении станет двигаться брусок массы m_2 после удара, если бруски не закручиваются и проскальзывание между ними сохраняется в течение всего удара?</p>	
5	<p>Выпуклое зеркало диаметра d висит на стене, противоположной от входа в комнату, так, что его нижний край находится на высоте h от пола. Длина комнаты равна L. На какой минимальной высоте должны располагаться глаза человека, чтобы он, стоя у входа в комнату, мог видеть в зеркале всю длину пола комнаты? Зеркало является частью сферической поверхности, его край прилегает к стене, а максимально удаленная от стены точка находится на расстоянии ℓ от нее.</p>	
6	<p>Трапеция массы M лежит на двух треугольных подпорках массы t каждая. Поверхности соприкосновения трапеции и подпорок образуют угол α с горизонтом, трение между ними отсутствует. Коэффициент трения между подпорками и землей равен μ. Найдите ускорение трапеции.</p>	

Момент инерции цилиндра с отверстием известного размера. Момент инерции сферы и шара. Математическое отступление: формула Ньютона-Лейбница. Задача об определении размера полости в теле по ускорению скатывания. Представление момента импульса тела как суммы момента импульса центра масс и момента импульса в системе отсчета центра масс. Задача о теле, скользящем по гладкой плоскости, переходящем в шероховатую. Использование закона сохранения момента импульса для определения конечной скорости катящегося тела по начальной линейной и угловой скоростям. Задача об определении движения протяженного тела, которому был передан импульс в определенной точке.

Наблюдение фотоэффекта. Разрядка отрицательно заряженного электроскопа под действием излучения. Сохранение заряда на положительно заряженном электроскопе. Отсутствие влияния излучения, пропущенного через стекло. Законы фотоэффекта. Опыт с двумя электродами в вакуумном баллоне, на один из которых поступает свет. Зависимость фототока от напряжения между электродами. Ток насыщения, запирающее напряжение. Зависимость фототока от интенсивности. Независимость от него запирающего напряжения и зависимость от частоты. Линейная зависимость кинетической энергии электронов от частоты. Гипотеза Планка. Работа выхода. Красная граница фотоэффекта. Объяснение влияния стекла на разрядку электроскопа. Нахождение постоянной планка. Предельный переход к классической механике. Перемещение плотности вероятности. Стремление к нулю размеров цуга волны.

Вывод уравнения равноускоренного движения. Путь как площадь под графиком зависимости скорости от времени. Нелинейная зависимость скорости от времени. Примеры. Уравнение движение тела с непостоянным по времени ускорением. Бесконечно малые величины. Задача о намерзании льда в озере. Дифференциальные уравнения с разделяющимися переменными. Примеры. Движение тела при наличии вязкого трения. Экспоненциальная зависимость скорости от времени. Нахождение зависимости расстояния от времени различными способами. Внесение под знак дифференциала в определенном интеграле. Примеры. Интегралы от тангенса и котангенса.

Оборудование: две пружины, имеющие жесткости k_1 и k_2 , два груза, имеющие массы m_1 и m_2 , найти отношения m_1 к m_2 и k_1 к k_2 .

Задача: найти отношение масс грузов и жесткостей пружин.

Разбалловка:

- идея метода — 2 балла;
- измерения — 2 балла;
- расчеты — 2 балла;
- подсчет погрешности — 2 балла;
- результат — 2 балла.

Оборудование: каучуковый мячик, краска, линейка (1 м), миллиметровка.

Задача: измерить время соударения мяча с поверхностью при падении с высоты 1 метр.

Рекомендации:

1. Подберите краску, которая долго не застывает и легко смывается, а также оставляет след, если ею закрасить мячик (подойдет маркер для меловых досок).
2. Эксперимент достаточно неточный, не удивляйтесь большим погрешностям и расхождениям с истинным значением.

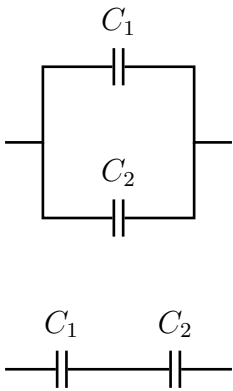
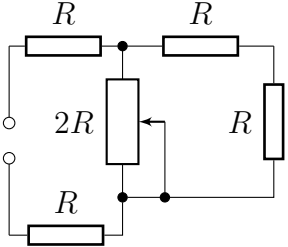
Решение:

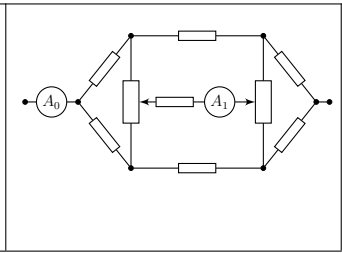
1. Закрасить мячик и бросить его с высоты 1 м на миллиметровку.
2. Посмотреть радиус оставленного им пятна. Вычислить из этого его сжатие.
3. Зная скорость перед ударом и амплитуду, найти частоту колебаний. Половина периода и есть время удара.

Разбалловка:

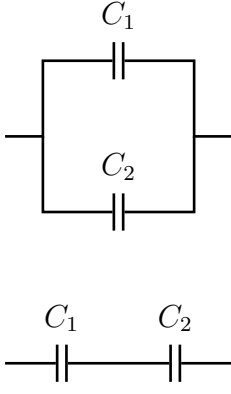
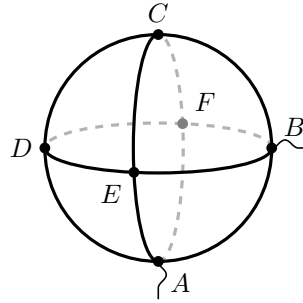
- сказано, что это колебания — 1 балл;
- методика — 3 балла;
- измерения — 2 балла;
- ответ — 2 балла;
- погрешность — 2 балла.

В электрических цепях применяются элементы, способные накапливать заряд. Они называются конденсаторами. Представьте себе две металлических пластины, достаточно близко расположенные друг к другу. Если к ним подключить батарейку, внутренние силы внутри нее начнут переносить заряды с одного полюса на другой. Это приведет к тому, что одна пластина начнет заряжаться положительно, а другая отрицательно. Поскольку изначально полный заряд системы был равен нулю, заряды обкладок равны по величине. Удержание заряда на пластинах требует приложения к ним напряжения. Оказывается, что накапливаемый заряд пропорционален приложенному напряжению. Коэффициент пропорциональности обозначается C и называется электрической емкостью: $Q = CU$. Емкость конденсатора зависит от его геометрических характеристик и от материала, из которого он изготовлен.

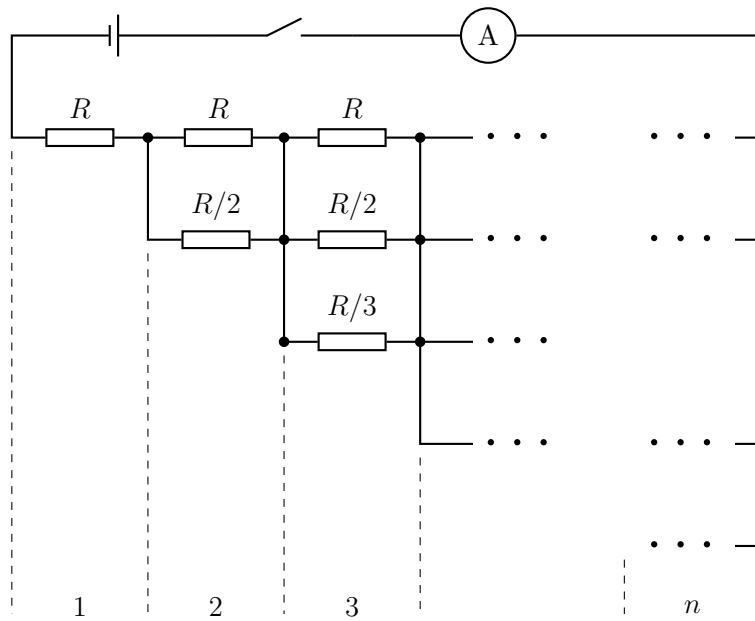
1	<p>Рассчитайте емкость системы из двух конденсаторов C_1 и C_2, соединенных параллельно и последовательно соответственно. Указание: в одном из случаев следует воспользоваться тем, что элементы системы вначале были нейтральны.</p>	
2	<p>Амплитуда затухающих колебаний осциллятора за время τ уменьшилась вдвое. Как за это время изменилась механическая энергия осциллятора? За какое время его энергия уменьшилась вдвое?</p>	
3	<p>Пусть затухание достаточно слабое, так что осциллятор, выйдя из начального равновесного положения со скоростью v, через время T снова проходит положение равновесия со скоростью v/n, $n > 1$. Что можно сказать про скорость осциллятора через время $2T$, $3T$?</p>	
4	<p>Постройте график зависимости общего сопротивления цепи от положения ползунка потенциометра. Сопротивление потенциометра между неподвижными контактами $2R$.</p>	
5	<p>У экспериментатора Глюка был школьный стрелочный вольтметр, позволяющий измерять напряжение до $U_1 = 4$ В. Методом подбора Глюк установил, что если последовательно с вольтметром подключить резистор сопротивлением $R = 6$ кОм, тогда этим вольтметром можно будет измерять напряжение до $U_2 = 10$ В. Тогда Глюк решил продолжить модернизацию вольтметра. Он рассчитал, что если параллельно вольтметру подключить шунт (резистор сопротивлением $R_{ш}$), то с помощью получившегося прибора можно будет измерять силу тока до $I_{max} = 10$ мА. Каково сопротивление шунта $R_{ш}$?</p>	

6	<p>В электрической цепи сила тока, текущего через амперметр A_0, равна I_0. Сопротивление всех резисторов одинаково и равно R. Вычислите силу тока I_1, текущего через амперметр A_1. Подвижные контакты переменных резисторов установлены на середину так, что сопротивление от них до соответствующих выводов резистора равно $R/2$.</p>	
---	--	---

В электрических цепях применяются элементы, способные накапливать заряд. Они называются конденсаторами. Представьте себе две металлических пластины, достаточно близко расположенные друг к другу. Если к ним подключить батарейку, внутренние силы внутри нее начнут переносить заряды с одного полюса на другой. Это приведет к тому, что одна пластина начнет заряжаться положительно, а другая отрицательно. Поскольку изначально полный заряд системы был равен нулю, заряды обкладок равны по величине. Удержание заряда на пластинах требует приложения к ним напряжения. Оказывается, что накапливаемый заряд пропорционален приложенному напряжению. Коэффициент пропорциональности обозначается C и называется электрической емкостью: $Q = CU$. Емкость конденсатора зависит от его геометрических характеристик и от материала, из которого он изготовлен.

1	<p>Рассчитайте емкость системы из двух конденсаторов C_1 и C_2, соединенных параллельно и последовательно соответственно. Указание: в одном из случаев следует воспользоваться тем, что элементы системы вначале были нейтральны.</p>	
2	<p>Амплитуда затухающих колебаний осциллятора за время τ уменьшилась вдвое. Как за это время изменилась механическая энергия осциллятора? За какое время его энергия уменьшилась вдвое?</p>	
3	<p>Пусть затухание достаточно слабое, так что осциллятор, выйдя из начального равновесного положения со скоростью v, через время T снова проходит положение равновесия со скоростью v/n, $n > 1$. Что можно сказать про скорость осциллятора через время $2T$, $3T$?</p>	
4	<p>Связь между напряжением U на лампе накаливания и силой тока, текущего через неё, даёт формулу: $I \sim U^{3/5}$. Две лампы с номинальными напряжениями 220 В и номинальными мощностями $P_1 = 40$ Вт и $P_2 = 100$ Вт включили последовательно в сеть 220 В. Какое напряжение падает на лампе меньшей номинальной мощности?</p>	
5	<p>Из трёх проволок, каждая из которых имеет сопротивление $R = 96$ Ом, сделали три кольца и соединили их так, что длина участка между любыми двумя ближайшими узлами одинакова. Чему равно сопротивление R_{AB} конструкции между узлами A и B?</p>	

6	Электрическая цепь состоит из нескольких сборок резисторов, соединённых последовательно по схеме. Сборка номер n состоит из n соединённых параллельно резисторов, сопротивление которых пробегают ряд значений от R до R/n , где $R = 6$ кОм, напряжение на батарейке $U = 12$ В. Вычислите сопротивление схемы из N сборок.
---	--



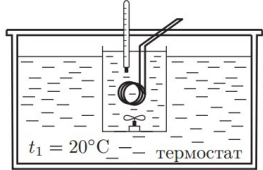
Список задач:

1 тур	2 тур	3 тур
175 (Р _{ЫМ})	369 (Р _{ЫМ})	25.12 (ГФ)
186 (Р _{ЫМ})	4.2 (ГФ)	410 (Р _{ЫМ})
261 (Р _{ЫМ})	4.9 (ГФ)	415 (Р _{ЫМ})
265 (Р _{ЫМ})	4.34 (ГФ)	419 (Р _{ЫМ})
280 (Р _{ЫМ})	647 (Р _{ЫМ})	420 (Р _{ЫМ})
281 (Р _{ЫМ})	655 (Р _{ЫМ})	427 (Р _{ЫМ})
286 (Р _{ЫМ})	664 (Р _{ЫМ})	773 (Р _{ЫМ})
287 (Р _{ЫМ})	669 (Р _{ЫМ})	776 (Р _{ЫМ})
294 (Р _{ЫМ})	25.1 (ГФ)	782 (Р _{ЫМ})
302 (Р _{ЫМ})	25.3 (ГФ)	784 (Р _{ЫМ})
311 (Р _{ЫМ})	25.5 (ГФ)	799 (Р _{ЫМ})
384 (Р _{ЫМ})	25.7 (ГФ)	806 (Р _{ЫМ})
392 (Р _{ЫМ})		811 (Р _{ЫМ})

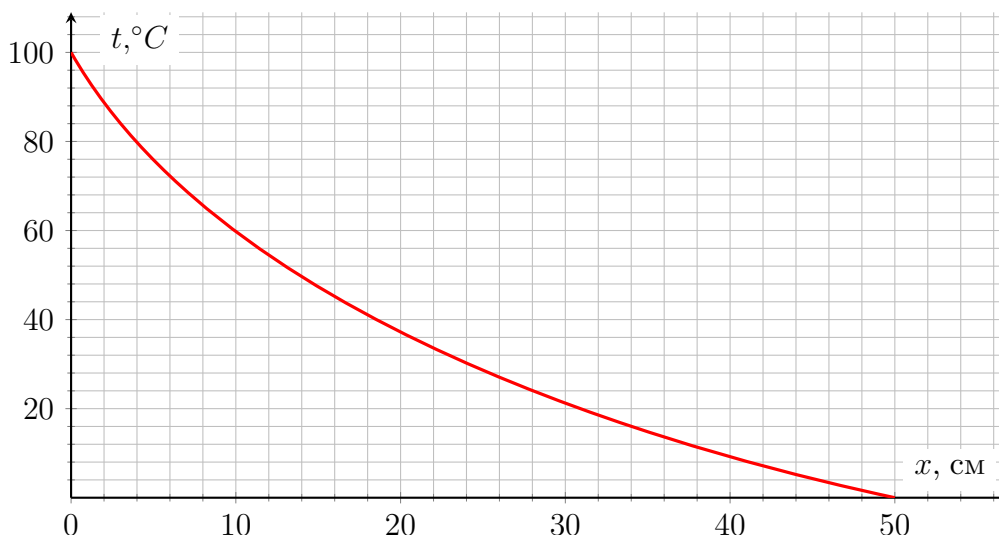
Разложение функций в ряд Фурье. Периодическая зависимость вынуждающей силы от времени. Вынужденные колебания. Уравнение движения. Решение неоднородного дифференциального уравнения как сумма общего решения однородного и частного решения неоднородного. Нахождение частного решения. Случай резонанса. Биения. Вынужденные колебания при наличии вязкого трения. Уравнение движения. Переход в комплексную плоскость. Решение уравнения. Установившийся режим колебаний.

Литература

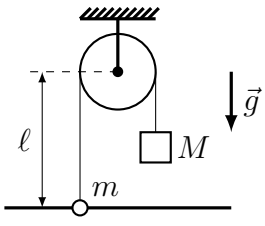
Физика для углубленного изучения. Механика (И.Е. Бутиков, А.С. Кондратьев)

1	<p>а. Какая нужна вынуждающая сила, чтобы осциллятор массы m с коэффициентом затухания γ начал совершать гармонические колебания с собственной частотой ω_0 по закону $x = A \cos(\omega_0 t - \varphi)$?</p> <p>б. Амплитуда вынуждающей силы равна F_0, ее частота $\omega = \omega_0$. Определите амплитуду вынужденных колебаний. Во сколько раз она больше отклонения осциллятора при действии постоянной силы F_0?</p>	
2	<p>В лаборатории у экспериментатора Глюка были электронагреватель с мешалкой, термостат и два тонкостенных химических стакана, линейные размеры которых отличались в 2 раза (толщина стенок стаканов одинакова). В термостате поддерживалась постоянная температура $t_1 = 20^\circ\text{C}$. Глюк решил исследовать, как зависит температура жидкости в стакане от времени (мешалка нужна для быстрого выравнивания температуры по всему объёму стакана).</p> <p>Сначала он использовал стакан меньшего размера, который заполнил исследуемой жидкостью при температуре $t_1 = 20^\circ\text{C}$ и поместил в термостат. Включив электронагреватель, Глюк обнаружил, что за первые $\tau_1 = 10$ с система нагрелась на $\Delta t_1 = 1^\circ\text{C}$. Спустя продолжительное время температура жидкости установилась на отметке $t_2 = 40^\circ\text{C}$.</p> <p>Во втором эксперименте он взял больший стакан, заполнил его той же жидкостью, нагретой до температуры $t_3 = 35^\circ\text{C}$, и включил тот же нагреватель в сеть. Через некоторое время τ_2 он с удивлением обнаружил, что температура содержимого в стакане понизилась на $\Delta t_2 = 0,5^\circ\text{C}$.</p> <p>Считайте, что теплоёмкость стаканов мала по сравнению с теплоёмкостью содержащейся в них жидкости.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Найдите температуру t_4, которая установится в стакане спустя продолжительное время. 2. Вычислите время τ_2. <p>Примечание. Известно, что поток энергии проходящий через слой вещества (стенки стакана) в единицу времени, прямо пропорционален разнице температур на границах слоя и площади поверхности слоя.</p>	
3	<p>Имеется два теплоизолированных сосуда с водой. Теплоёмкость всей массы воды в первом сосуде c_1, её температура t_1. Теплоёмкость и температура воды во втором сосуде равны соответственно c_2 и t_2. Во втором сосуде кроме воды находится брусок, теплоёмкость которого равна c. Брусок вынимают из второго сосуда и погружают в первый сосуд. После установления теплового равновесия брусок возвращают во второй сосуд. Соотношение между теплоёмкостями: $c_1 : c_2 : c = 4 : 5 : 1$. Пренебрегая теплообменом с окружающими телами, определите:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Какое минимальное количество n таких циклов нужно сделать, чтобы разность температур $(t_2 - t_1)_n$ уменьшилась не менее, чем в $N = 25$ раз? 2. Какая температура воды установится в сосудах после очень большого числа циклов? 	

4	<p>Имеются два сосуда. В первом из них находится кипящая вода ($t_1 = 100^\circ\text{C}$). Во втором теплоизолированном сосуде находится смесь воды и льда ($t_2 = 0^\circ\text{C}$). Сосуды соединены металлическим стержнем длиной $L = 50$ см, по которому тепловая энергия от кипящей воды передаётся тающему льду. Стержень не теплоизолирован, и поэтому часть тепловой энергии рассеивается в окружающее пространство. На приведённом графике показано распределение температуры вдоль стержня.</p> <p>1. Определите графически, какая доля тепловой энергии, поступающей в левый конец стержня от сосуда с кипящей водой, рассеивается в окружающее пространство.</p> <p>2. Во сколько раз быстрее растает весь лёд во втором сосуде, если поверхность стержня покрыть теплоизолирующим слоем?</p> <p>Примечание. Тепловой поток через слой вещества толщиной Δx пропорционален разности температур Δt между поверхностями, ограничивающими слой, и обратно пропорционален толщине: $\Delta Q \sim \Delta t / \Delta x$.</p>
---	--



5	<p>В Земле прорыт прямой тоннель, не проходящий через ее центр. Определите время движения поезда с выключенными двигателями по такому тоннелю, если влиянием вращения Земли на движение поезда и трением пренебречь.</p>	
6	<p>Найдите отношение частот колебаний молекулы H_2 и молекулы HD (D — атом дейтерия).</p> <p>Примечание: дейтерий — изотоп водорода, обладающий такими же химическими свойствами, как обычный водород, но вдвое большей массой атома.</p>	

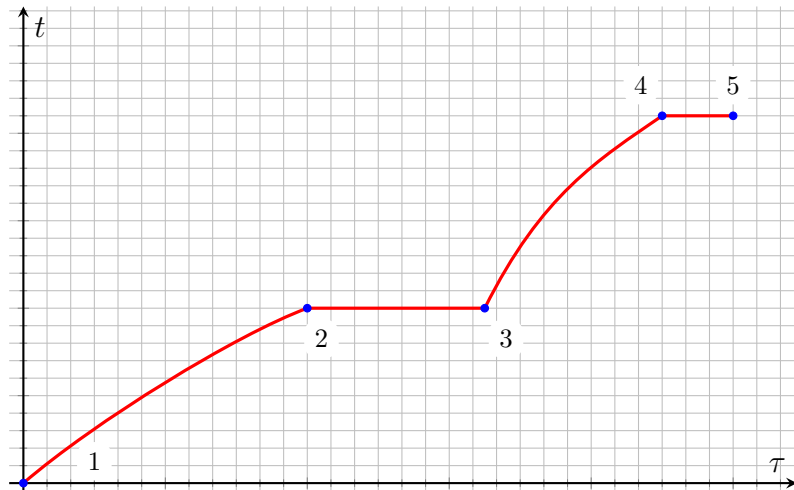
7	<p>К муфте массы m, надетой на гладкую горизонтальную неподвижную спицу, привязана нить, перекинутая через блок, находящийся на расстоянии l от спицы. На другом конце нити привязан груз массы M. При колебаниях муфты изменением натяжения нити из-за колебаний груза можно пренебречь. Найдите частоту колебаний муфты и частоту колебаний груза.</p>	
---	---	---

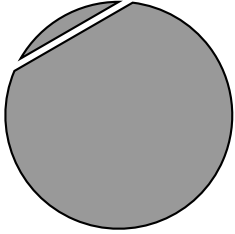
Теорема Кенига. Кинетическая энергия вращающегося твердого тела. Решение задачи о скатывании тела с наклонной плоскости при помощи соображений энергии. Отступление: сила трения и ее работа. Использование законов сохранения при решении задач о движении твердого тела. Задача о столкновении тела с незакрепленным стержнем. Задача о падении тела на рычаг.

Вид волновой функции свободно движущейся частицы в соответствии с гипотезой де Бройля. Одномерный вид. Применение оператора импульса. Соотношение между оператором импульса и оператором энергии. Дифференцирование волновой функции по времени. Получение уравнения Шредингера в одномерном случае. Учет в уравнении потенциальной энергии. Решение уравнения Шредингера в простейшем случае: одномерная потенциальная коробка. Получение решения в общем случае. Учет граничных условий: непрерывность волновой функции. Условие на импульс частицы. Вывод о дискретности спектра энергии системы. Аналогия с атомом Бора.

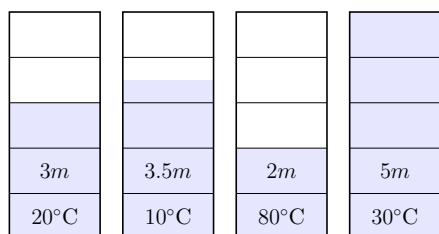
Интегрирование по частям. Вывод формулы. Примеры. Физические задачи. Задача о равномерно движущихся точках, так, что вектор скорости первой все время направлен на вторую. Задача о теле, движущемся под действием силы, приложенной под меняющимся со временем углом.

1	<p>а. Какая нужна вынуждающая сила, чтобы осциллятор массы m с коэффициентом затухания γ начал совершать гармонические колебания с собственной частотой ω_0 по закону $x = A \cos(\omega_0 t - \varphi)$?</p> <p>б. Амплитуда вынуждающей силы равна F_0, ее частота $\omega = \omega_0$. Определите амплитуду вынужденных колебаний. Во сколько раз она больше отклонения осциллятора при действии постоянной силы F_0?</p>
2	<p>В лаборатории по работе с одарёнными детьми экспериментатор Глюк обнаружил два одинаковых теплоизолированных сосуда. В каждый из них было налито одинаковое количество неизвестной жидкости. В первый сосуд он налил почти доверху из стоящего рядом кувшина воды и насыпал немного разогретых металлических опилок. Сосуд оказался заполненным доверху. После установления теплового равновесия температура в сосуде увеличилась на $\Delta t_1 = 2^\circ\text{C}$, а опилки остыли на $\Delta t_2 = 60^\circ\text{C}$. Затем он проделал опыт со вторым сосудом. В него Глюк насыпал опилок в 10 раз больше, чем в первом опыте, и сосуд вновь оказался заполненным. Ко времени установления теплового равновесия температура в сосуде повысилась на столько же градусов, на сколько понизилась температура опилок. Определите удельную теплоёмкость опилок, если их плотность $\rho = 1.72 \text{ г/см}^3$, а удельная теплоёмкость воды $c = 4.2 \text{ Дж/(г}\cdot^\circ\text{C)}$.</p>
3	<p>Теплоёмкость некоторых материалов может зависеть от температуры. Рассмотрим брусок массы $m_1 = 1 \text{ кг}$, изготовленный из материала, удельная теплоёмкость которого зависит от температуры t по закону: $c = c_1(1 + \alpha t)$, где $c_1 = 1.4 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$, $\alpha = 0.014 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. Такой брусок, нагретый до температуры $t_1 = 100^\circ\text{C}$, опускают в калориметр, в котором находится некоторая масса m_2 воды при температуре $t_2 = 20^\circ\text{C}$. После установления теплового равновесия температура в калориметре оказалась равной $t_0 = 60^\circ\text{C}$. Пренебрегая теплоёмкостью калориметра и тепловыми потерями, определите массу m_2 воды в калориметре. Известно, что удельная теплоёмкость воды $c_2 = 4.2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$.</p>
4	<p>В открытом сосуде находятся две несмешиваемые жидкости равных масс при температуре окружающей среды. В момент времени τ_1 смесь начинают нагревать, подводя постоянную мощность. В момент времени τ_5 сосуд оказывается пустым. В результате, получена зависимость температуры содержимого сосуда от времени. Найдите отношение удельных теплот парообразования и удельных теплоёмкостей жидкостей. Считайте, что коэффициент пропорциональности α между разностью температур и потоком теплоты от сосуда в окружающую среду постоянен.</p>

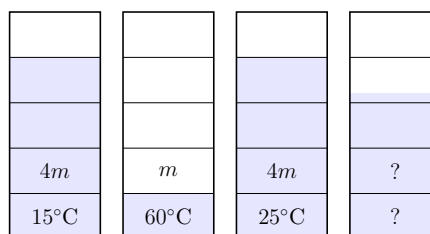


5	<p>В Земле прорыт прямой тоннель, не проходящий через ее центр. Определите время движения поезда с выключенными двигателями по такому тоннелю, если влиянием вращения Земли на движение поезда и трением пренебречь.</p>	
---	--	--

1	<p>а) Какая нужна вынуждающая сила, чтобы осциллятор массы m с коэффициентом затухания γ начал совершать гармонические колебания с собственной частотой ω_0 по закону $x = A \cos(\omega_0 t - \varphi)$?</p> <p>б) Амплитуда вынуждающей силы равна F_0, ее частота $\omega = \omega_0$. Определите амплитуду вынужденных колебаний. Во сколько раз она больше отклонения осциллятора при действии постоянной силы F_0?</p>
2	<p>Если в холодильнике стоит только одна банка с вареньем, его компрессор в установленном режиме включается через каждые $T_1 = 30$ мин и работает $\tau_1 = 6$ мин. Если в него поставить 11 банок варенья, то в установленном режиме он будет включаться каждые $T_2 = 150$ мин. Как часто будет включаться пустой холодильник? Найдите время τ_2 работы компрессора, когда в холодильнике 11 банок варенья и время τ_3 работы компрессора, когда холодильник пуст.</p> <p>Указание: Регулятор задает температуру t внутри холодильника в небольшом интервале $t \pm \Delta t/2$. Когда температура становится равной $t + \Delta t/2$, холодильник включается, когда она снижается до $t - \Delta t/2$, холодильник выключается. Мощность теплообмена с окружающей средой считайте постоянной.</p>
3	<p>В лаборатории в четырех стаканах находилась разное количество одинаковой жидкости при разных температурах. После проведения эксперимента связанного с переливанием и смешиванием, в трех стаканах оказалось другое количество жидкости при новых температурах. Сколько и при какой температуре осталось жидкости в четвертом стакане? Теплоемкостью стаканов, потерями жидкости и теплообменом с окружающей средой пренебречь.</p>



До эксперимента



После эксперимента

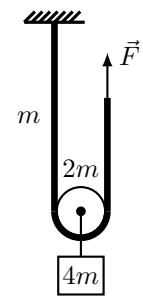
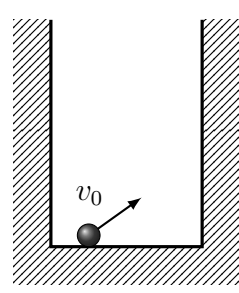
4	<p>Пространство между двумя коаксиальными металлическими цилиндрами заполнено водой, находящейся при температуре $t_0 = 20^\circ\text{C}$. Расстояние между цилиндрами равно 1 мм и значительно меньше их радиусов. Цилиндры подключают к источнику постоянного напряжения $U = 42$ В. Через какое время вода между цилиндрами закипит? Теплоемкостью цилиндров и потерями теплоты пренебречь. Атмосферное давление нормальное. Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·°C), удельное электрическое сопротивление воды $r = 3200$ Ом·м.</p>	
---	--	--

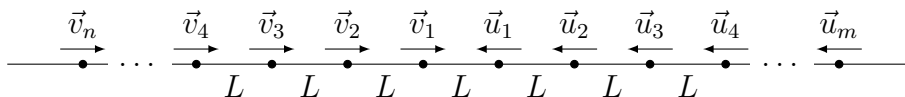
Оборудование: стакан с жидкостью, лазерная указка, миллиметровая бумага.

Задача: найти показатель преломления жидкости.

Разбалловка:

- идея метода — 2 балла;
- измерения — 1 балл;
- расчеты — 2 балла;
- подсчет погрешности — 2 балла;
- результат — 2 балла;
- оформление — 1 балл.

1	<p>К потолку прикреплена верёвка массой $m = 100$ г и длиной $L = 2$ м, к которой через небольшой блок массой $2m$ подвешен груз, имеющий массу $4m$. Какую минимальную работу потребует совершить внешней вертикальной силе, приложенной к свободному концу верёвки в такой системе, чтобы поднять свободный конец верёвки на $L/2$? Длиной части верёвки, огибающей блок, можно пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².</p>	
2	<p>На горизонтальной площадке между двумя гладкими стенками установлена катапульта. Катапульта выстреливает шариками, начальная скорость которых v_0. Какое максимальное число ударов о стенки может совершить шарик перед тем, как упадёт на площадку? Удары шарика о стенки считайте абсолютно упругими. Расстояние между стенками равно L_0. Положение катапульти и угол вылета шарика можно изменять.</p>	
3	<p>По гладкой горизонтальной спице навстречу друг другу скользят две группы одинаковых маленьких бусинок. В первой группе их число — n, во второй — m. Все скорости бусинок разные, причём в первой группе $v_1 > v_2 > \dots > v_n$, а во второй $u_1 > u_2 > \dots > u_m$. В некоторый момент времени t_0 расстояние как между первыми из сближающихся бусинок, так и между каждой парой соседних бусинок оказалось равным L. Вычислите следующие величины: а) число соударений N бусинок друг с другом, если удары абсолютно упругие; б) время τ, прошедшее от момента t_0 до последнего соударения.</p>	



Список экспериментов:

1. Высота отеля.

Оборудование:

Линейка

2. Угловой размер Солнца.

Оборудование:

Линейка

3. Расстояние между мочками ушей.

Оборудование:

Линейка, Зеркало

4. Скорость вытекания воды из крана.

Оборудование:

Линейка

5. Плотность материала свечки.

Оборудование:

Линейка известной массы, свечка.

6. Разрешающая способность глаза.

Оборудование:

Линейка, бумага, ручка.

7. Минимальный момент силы, прикладываемый к дверной ручке.

Оборудование:

Линейка, бутылка с водой известной массы (500 г.), миллиметровка, нитка, скотч.

Анализ полученного решения уравнения вынужденных затухающих колебаний. Установившийся режим колебаний. Амплитудно-частотная характеристика. Поиск максимума амплитуды. Резонанс. Резонансная частота. Зависимость энергии от частоты. Фазово-частотная характеристика. Принцип суперпозиции. Сложение колебаний. Векторные диаграммы. Понятие о параметрическом резонансе. Переход от колебаний к волнам.

Литература

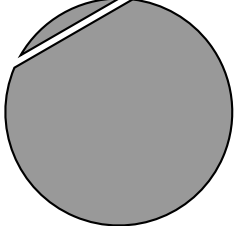
Физика для углубленного изучения. Механика (И.Е. Бутиков, А.С. Кондратьев)

Гироскоп. Устойчивость вращающегося волчка в поле тяжести. Условие устойчивости. Прецессия волчка. Прецессия земной оси. Рассмотрение связи между угловой скоростью и моментом инерции в общем случае. Тензор инерции. Главные оси. Пример: главные оси для параллелепипеда, шара, волчка. Связь между направлениями момента импульса и угловой скорости. Кинетическая энергия для общего случая вращения тела. Связь между моментами инерции для плоской фигуры. Расчет момента инерции относительно произвольной оси через моменты инерции относительно главных осей. Минимум энергии для системы с сохраняющимся моментом импульса.

Возможность отражения частицы от потенциальной “ступени”. Расчет коэффициента отражения. Прохождение частицы над потенциальным барьером. Туннельный эффект. Момент импульса. Оператор момента. Одновременно измеримые характеристики момента. Фундаментальность закона сохранения момента импульса. Спин. Аналогия с моментом импульса. Отсутствие классической интерпретации спина. Принцип неразличимости частиц. Симметричность и антисимметричность волновой функции. Бозоны и фермионы. Принцип запрета Паули. Объяснение строения атомных орбиталей. Свойства волновой функции сложной частицы. Явление сверхтекучести.

Ряд Тейлора. Ряд Маклорена. Вывод разложений в ряд Маклорена для некоторых функций (синус, косинус, экспонента, степенная функция). Задачи, в которых это используется. Гармонические колебания математического маятника.

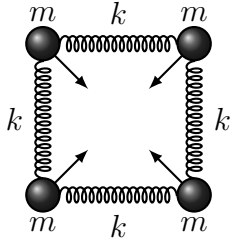
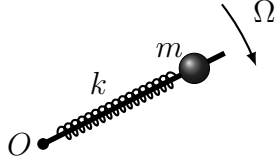
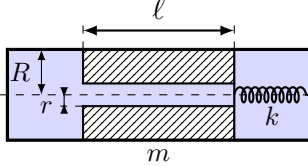
<p>1</p>	<p>Тонкий обруч, шарнирно закрепленный в точке A, располагают в начальный момент так, что его центр масс находится почти прямо над точкой A. После этого обруч отпускают без толчка, и спустя время $\tau = 0.5$ с центр масс обруча занимает крайнее нижнее положение. Определите время t, за которое вернется в нижнее положение равновесия маятник, представляющий собой массивный шарик B, закрепленный на невесомом жестком стержне, длина которого равна радиусу обруча, если в начальный момент шарик занимал почти крайнее верхнее положение и был отпущен без толчка.</p>	
<p>2</p>	<p>Гибкий трубопровод длиной ℓ соединяет в пространстве точки A и B, разность высот между которыми h. Внутри трубопровода по всей его длине лежит веревка, которую удерживают в точке A. С каким ускорением начнет двигаться веревка в первый момент времени, после того как ее отпустят? Трением между веревкой и стенками трубопровода пренебречь.</p>	
<p>3</p>	<p>Однородный стержень длины 2ℓ опирается одним концом о вертикальную стену, а другим концом о гладкую неподвижную поверхность. Какой функцией $y(x)$ должно описываться сечение этой поверхности, чтобы стержень в любом положении оставался в равновесии даже в отсутствие трения? Считать, что стержень все время находится в фиксированной вертикальной плоскости, перпендикулярной плоскости стены.</p>	

1	В вагоне поезда подвешен маятник длиной $l = 1$ м. При движении поезда маятник раскачивается от толчков на стыках рельсов. При какой скорости v поезда маятник раскачивается особенно сильно, если длина рельсов $L = 25$ м?	
2	Измерения круговой частоты колебаний тела массы m , закрепленного посередине натянутой струны, длина которой $2l$, дали значение ω . Найдите силу натяжения струны.	
3	В Земле прорыт прямой тоннель, не проходящий через ее центр. Определите время движения поезда с выключенными двигателями по такому тоннелю, если влиянием вращения Земли на движение поезда и трением пренебречь.	 A diagram showing a gray-shaded circle representing Earth. A white chord is drawn across the circle, representing a tunnel that does not pass through the center. The chord is positioned in the upper-left quadrant of the circle.

Теоретические вопросы

1. Как влияет на колебания постоянная сила, дополнительно действующая на осциллятор?
2. Как выглядит фазовая траектория затухающих колебаний?
3. Напишите формулу амплитуды для биений.
4. Почему начиная с некоторого момента одним слагаемым в решении уравнения для затухающих колебаний с вынуждающей силой можно пренебречь?
5. Докажите, что $|z|^2 = z\bar{z}$.

Задачи

1	<p>Четыре одинаковых шарика массы m каждый, соединенные одинаковыми пружинами жесткости k, образуют квадрат. Одновременно всем четырем шарикам сообщили одинаковые по модулю скорости, направленные к центру квадрата. Через какое время после этого пружины будут: а) сильнее всего сжаты; б) сильнее всего растянуты?</p>	
2	<p>Шарик массы m, насаженный на стержень, вращается с угловой скоростью Ω вокруг оси O, с которой он соединен пружиной жесткости k. Определите частоту колебаний шарика вдоль пружины, если $\Omega < k/m$.</p>	
3	<p>В цилиндрическом сосуде радиуса R находится поршень длины ℓ, соединенный пружиной жесткости k со стенкой сосуда. По оси поршня имеется сквозной канал радиуса r. Все свободное пространство в сосуде заполнено жидкостью плотности ρ. Найдите частоту колебаний поршня, если $\ell \gg R$ и масса поршня равна m.</p>	

Практическое задание

Оборудование: линейка, однородный брусок.

Задача: измерить коэффициент трения бруска о стол. Стол поднимать нельзя.

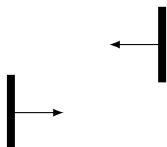
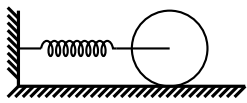
Решение: начиная с нижней грани, толкаем брусок линейкой. Находим место, где он начинает опрокидываться. Расписываем уравнение моментов.

Разбалловка:

- методика — 3 балла;
- измерения — 3 балла;

- расписаны силы — 1 балла;
- погрешность — 1 балл;
- результат — 2 балла.

Спецкурс: механика твердого тела

1	<p>Два однородных стержня длины l налетают друг на друга и сталкиваются краями. Массы стержней равны. Скорости стержней направлены противоположно, перпендикулярны стержням и равны v. Для одного из стержней определите скорость его центра масс и угловую скорость после удара. Удар считайте абсолютно упругим.</p>	
2	<p>Однородный цилиндр массы m насажен на ось, прикрепленную к стене пружиной жесткости k. Цилиндр не проскальзывает по поверхности. Определите период колебаний системы.</p>	

Спецкурс: введение в квантовую механику

1. Как будет выглядеть картина распределения электронов при пролете через экран с двумя отверстиями при наблюдении за ними? Без наблюдения?
2. Чем плоха планетарная модель атома?
3. На что влияет частота и интенсивность света при фотоэффекте?
4. В чем заключается гипотеза де Бройля?
5. Что такое спин?

1	<p>На ион He^{2+} из бесконечности прилетает электрон и попадает на первый уровень. Рядом находится атом водорода. С какой скоростью из него может вылететь электрон?</p>
2	<p>Оценить с помощью соотношения неопределенностей неопределенность скорости электрона в атоме водорода, полагая размер атома l. Сравнить полученную величину со скоростью электрона на первой боровской орбите данного атома.</p>

Спецкурс: производные и интегралы

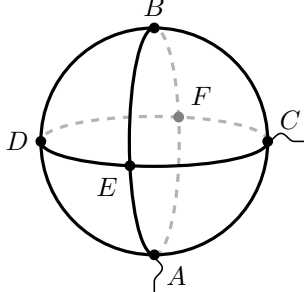
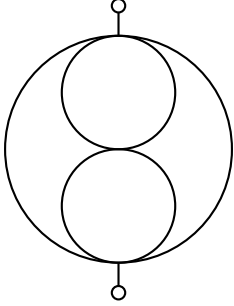
1. Что такое первообразная функции? Найти производную функции $\frac{\ln(x^2+2^x)}{\sqrt{x}}$.
2. Найти $\int x^2 \sin x dx$.
3. Разложить $\ln(x+1)$ в ряд Маклорена.

4. Из муравейника за гусеницей, расстояние до которой 1 м, выползает группа муравьев. Все муравьи движутся с постоянными скоростями, которые у разных особей разные и меняются от 1 см/с до 2 см/с. Через 30 с муравей Ферда, который до этого двигался со скоростью 1 см/с, начинает двигаться с переменной скоростью, причем его скорость всегда в два раза выше, чем скорость окружающих его в данный момент муравьев. Успеет ли Ферда первым прибежать к гусенице? Считайте, что характер движения других муравьев при этом не меняется.

**Материалы занятий 8 класса
группы 8-1, 8-2 (Санкт-Петербург)**

	Группа 8-1	Группа 8-2
13.07	Входная олимпиада	Входная олимпиада
	Разбор	Разбор
	Эксперимент	Эксперимент
14.07	Лекция	Лекция
	Решение/разбор	Решение/разбор
	Лекция	Лекция
15.07	Решение/разбор	Решение/разбор
	Практикум	Решение/разбор
	Решение/разбор	Практикум
16.07	Лекция	Практикум
	Решение/разбор	Лекция
	Практикум	Решение/разбор
17.07	Решение/разбор	Практикум
	Лекция	Решение/разбор
	Решение/разбор	Лекция
18.07	Экскурсия	
19.07	Физический бой	
20.07	Лекция	Практикум
	Решение/разбор	Решение/разбор
	Практикум	Лекция
21.07	Физический бой	
22.07	Решение/разбор	Решение/разбор
	Решение/разбор	Лекция
	Лекция	Решение/разбор

	Группа 8-1	Группа 8-2
23.07	Экскурсия	
	Экскурсия	
	Решение/разбор	Решение/разбор
24.07	Решение/разбор	Лекция
	Практикум	Решение/разбор
	Лекция	Практикум
25.07	Решение/разбор	Лекция
	Практикум	Решение/разбор
	Лекция	Практикум
26.07	Практикум	Лекция
	Лекция	Решение/разбор
	Решение/разбор	Практикум
27.07	Экскурсия	
	Экскурсия	
	Решение/разбор	Решение/разбор
28.07	Олимпиада Максвелла	
29.07	Физический хоккей	
30.07	Олимпиада Максвелла	
31.07	Олимпиада Максвелла	
1.08	Решение/разбор	Решение/разбор
	Решение/разбор	Практикум
	Практикум	Решение/разбор

1	Тело, находящееся в состоянии покоя, начало двигаться под действием постоянной силы. Известно, что за шестую секунду тело прошло 22 м. Какой путь оно прошло за первые 6 с?	
2	Три одинаковых медных кольца радиусом a соединены между собой так, как показано на рисунке. Определить сопротивление полученной таким образом фигуры между точками A и B , если сопротивление одного кольца, измеренное между противоположными точками — R .	
3	Человек прыгает в воду с высоты h . На какую глубину l он бы при этом погрузился, если бы силы сопротивления воздуха и воды исчезли? Плотность человека — ρ_T , плотность воды — $\rho_{\text{воды}}$.	
4	Найдите сопротивление между клеммами, если сопротивление проволоки на единицу длины — ρ , а радиус большего кольца — R .	
5	Однажды, летя на ядре со скоростью $v = 50$ м/с, я так ловко соскочил с него, что моя скорость относительно Земли стала равной нулю. Какой стала скорость ядра после того, как я с него соскочил? Моя масса вдвое превышает массу ядра.	

Вводное занятие:

- эксперимент в физике, примеры экспериментальных задач;
- прямые и косвенные измерения;
- точность измерения как оценка проведенного эксперимента;
- причины появления погрешности;
- случайные и систематические погрешности и причины их возникновения;
- способ подсчета случайной погрешности. Методы борьбы со случайной погрешностью;
- абсолютные и относительные погрешности. Погрешности средств измерения;
- погрешности измерительных приборов. Погрешность отсчета. Полная абсолютная погрешность прямых измерений;
- погрешность косвенных измерений;
- запись окончательного результата и оценка проведенного эксперимента;
- разбор примера: вычисление погрешности измерения коэффициента трения с помощью динамометра.

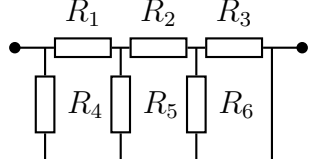
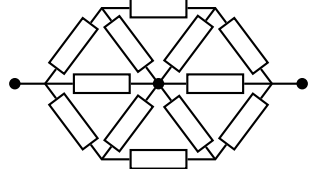
ЛИТЕРАТУРА

Варламов С.Д., Зильберман А.Р., Зинковский В.И., “Экспериментальные задачи на уроках физики и физических олимпиадах”. Часть 1, глава 3, 2009.

1. Резистор и его свойства. Источник постоянного напряжения как элемент цепи.
2. Идеальный и неидеальный источники. Представление неидеальной батарейки как комбинации резистора и идеального источника постоянного напряжения.
3. Последовательное и параллельное соединение батареек.
4. Первое и второе правила Кирхгофа. Различные способы выбора обхода контура. Расчет падения напряжения для резистора и источника ЭДС при различном направлении тока. Алгоритм применения правил Кирхгофа для решения задач.
5. Метод контурных токов. Алгоритм решения задач. Сравнение двух методов.

ЛИТЕРАТУРА

Петросян В.Г., Долгополова Л.В., Лихицкая И.В., “Методы расчета резисторных схем постоянного тока”, Физика. Первое сентября. №14, №18, №22, 2002.

1	Чему равно сопротивление между противоположными вершинами куба составленного из проволочек, сопротивление каждой из которых R ?	
2	Найдите сопротивление между двумя вершинами пентаграммы, если сопротивления всех ребер равны 10 Ом.	
3	Определить общее сопротивление цепи, изображенной на рисунке. Сделать численный расчет при следующих значениях сопротивлений: $R_1 = 0.5\Omega$, $R_2 = 1.5\Omega$, $R_3 = R_4 = R_6 = 1\Omega$, $R_5 = 2/3\Omega$.	
4	Определите сопротивление R между точками A и B показанной на рисунке цепи. Сопротивление каждого из резисторов — R_0 .	

1. Постулаты геометрической оптики.
2. Отражение света. Плоское зеркало. Область видимости изображения. Вогнутое и выпуклое сферические зеркала. Фокусное расстояние сферического зеркала. Цилиндрическое зеркало.
3. Закон Снеллиуса. Полное внутреннее отражение. Преломление в призме. Ход лучей в линзе. Приближение тонкой линзы. Формула тонкой линзы.
4. Построение изображений предметов в собирающих линзах и рассеивающих линзах. Мнимое и действительное изображения. Оптическая сила линзы. Сложение оптических сил.
5. Глаз человека как оптическая система.

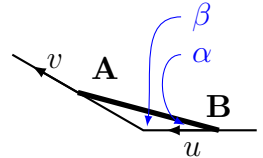
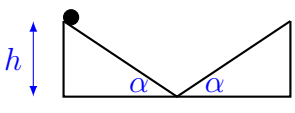
ЛИТЕРАТУРА

Сивухин Д.В., “Общий курс физики”, том 3, глава 2, §§9-10, 1980.

1. Основные понятия кинематики. Механическое движение. Понятие материальной точки. Система отсчета. Координаты точки. Понятие радиус-вектора.
2. Кинематическое уравнение движения материальной точки через координаты и через радиус-вектор. Траектория, путь и перемещение.
3. Понятие скорости. Средняя и мгновенная скорость. Равномерное прямолинейное движение. Графики зависимости пути и скорости от времени.
4. Относительность механического движения. Преобразования Галилея.
5. Понятие ускорения. Среднее и мгновенное ускорение. Равноускоренное движение. Графики зависимости пути и скорости от времени.
6. Свободное падение тела без начальной скорости. Движение тела, брошенного вертикально вверх. Движение тела, брошенного под углом к горизонту.
7. Поступательное и вращательное движение.

ЛИТЕРАТУРА

Бутиков Е.И., Кондратьев А.С., “Физика для углубленного изучения”, §§7-10, 1980.

1	<p>Лодка переправляется через реку за минимально возможное время. Как изменится расстояние, на которое лодку снесет вниз по течению, если скорость течения реки возрастет в 2 раза, а скорость лодки в стоячей воде уменьшится в 1,5 раза.</p>	
2	<p>С подводной лодки, погружающейся вертикально и равномерно, испускаются звуковые импульсы длительности τ_0. Длительность приема отраженного от дна импульса τ. Скорость звука в воде c. С какой скоростью погружается подводная лодка?</p>	
3	<p>Стержень AB опирается своими концами о стороны тупого угла β. Верхний конец стержня тянут со скоростью v вдоль стороны A_0. Найти зависимость скорости u точки B от угла α.</p>	
4	<p>Два камня брошены из одной точки под различными углами к горизонту со скоростями v_1 и v_2, как показано на рисунке. Во сколько раз отличаются горизонтальные дальности их полета? Сопротивлением воздуха пренебречь.</p>	
5	<p>Тело удерживают на наклонной плоскости на высоте h. Затем его отпускают и оно начинает двигаться без потери энергии. Построить графики зависимости скорость от времени и пройденного пути от времени. Угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 30^\circ$.</p>	

Температура и внутренняя энергия:

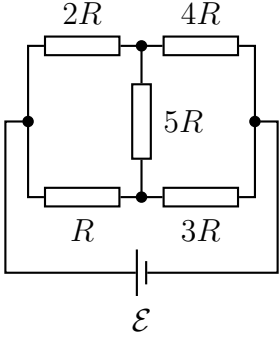
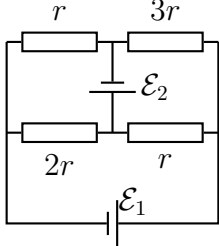
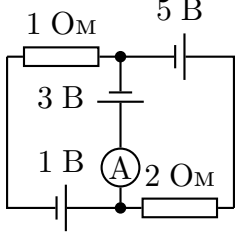
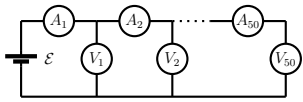
- происхождение понятия температуры;
- связь внутренней энергии системы и температуры;
- переход из механической энергии в тепловую;
- связь внутренней энергии системы с работой;
- способы изменения внутренней энергии тела;
- понятие теплопроводности. Способы теплопередачи;
- уравнение теплового баланса;
- фазовые переходы;
- понятие мощности. КПД.

Решение и разбор типовых задач:

1	Экспериментом установили, что при охлаждении куска олова массой 100 г, выделилось 5 кДж энергии. Определить температуру олова до охлаждения.
2	Почему на севере пользуются не ртутными термометрами, а спиртовыми?
3	Постройте примерный график для нагревания, плавления и кристаллизации олова.
4	При выходе из реки после купания мы ощущаем холод. Почему?
5	В два одинаковых калориметра, содержащих воду (в одном масса воды 0,1 кг при температуре 450°C , в другом 0,5 кг при температуре 240°C) налили одинаковое количество ртути. После установления теплового равновесия в обоих калориметрах оказалось, что температура воды в них одинакова и равна 170°C . Определить теплоемкость калориметров.
6	На краю крыши висят сосульки конической формы, геометрически подобные друг другу, но разной длины. После резкого потепления от $T_1 = 0^{\circ}\text{C}$ до $T_2 = 10^{\circ}\text{C}$ самая маленькая сосулька длиной $l = 10$ см растаяла за время $t = 2$ часа. За какое время растает большая сосулька длиной $L = 30$ см, если внешние условия не изменятся?

ЛИТЕРАТУРА

Перышкин А.В., “Физика”, глава 1, §§1-9, 2013.

1	<p>В схеме, изображенной на рисунке, найдите ток через резистор сопротивлением $5R$. Источник считайте идеальным, с ЭДС \mathcal{E}.</p>	
2	<p>Определите напряжение и силу тока через каждый элемент цепи.</p>	
3	<p>В схеме на рисунке все элементы можно считать идеальными. Значения ЭДС источников и сопротивлений резисторов на схеме указаны. Определите величину и направление тока через амперметр.</p>	
4	<p>Собрана схема, содержащая 50 разных амперметров и 50 одинаковых вольтметров. Показания первого вольтметра $U_1 = 9,6\text{В}$, первого амперметра $I_1 = 9,5\text{мА}$, второго амперметра $I_2 = 9,2\text{мА}$. Определите по этим данным сумму показаний всех вольтметров.</p>	

Вступление

Аналогия между соединением резисторов в схему «треугольник» и в схему «звезда». Вывод формул пересчета сопротивлений из одной схемы в другую.

Оборудование серый ящик, представляющий собой треугольник из сопротивлений, омметр.

Цель Найти сопротивление резисторов, входящих в черный ящик.

Задача:

1. Измерить сопротивление между выходами серого ящика.
2. Используя перевод схемы «звезда» в схему «треугольник» определить значения сопротивлений, составляющих серый ящик.

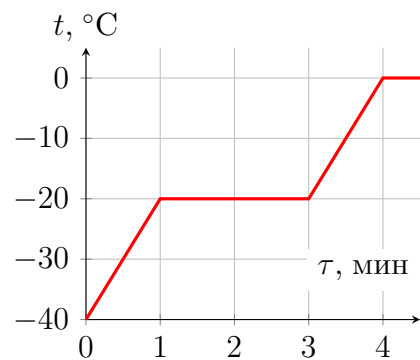
Разбалловка

- методика — 2 балла
- физическое обоснование — 2 балла
- измерения — 1 балл
- погрешность — 2 балла
- ответ — 3 балла

1	Два зеркала наклонены друг к другу и образуют двугранный угол α . На них падает луч, лежащий в плоскости, перпендикулярной к ребру угла. Найти, на какой угол повернется отраженный луч после отражения от обоих зеркал.
2	Полуцилиндрическое зеркало, поперечное сечение которого представляет собой полуокружность, поместили в широкий пучок света, параллельный оптической оси зеркала. Найти наибольший угол между лучами в отраженном от зеркала пучке света.
3	Два зеркала образуют двугранный угол α . На одно из зеркал падает луч под углом β . Сколько раз он отразится?
4	В круглое отверстие в непрозрачном экране вставлена рассеивающая линза с фокусным расстоянием $F = 1$ см. На расстоянии $l = 3$ см расположен экран. Какое фокусное расстояние должна иметь собирающая линза, чтобы при её замене рассеивающей, радиус светлого пятна, образующегося при падении пучка света, параллельного оптической оси, не изменился?
5	Маленькая муха летает по кругу радиусом $r = 1$ см с постоянной скоростью $u = 10$ см/с. Центр круга находится на оптической оси собирающей линзы, на расстоянии $L = 30$ см от нее. Фокусное расстояние линзы равно $f = 10$ см. Найдите минимальную и максимальную величины скорости изображения мухи, создаваемого линзой. При каком положении изображения они достигаются?
6	На слой вещества с показателем преломления n падает луч света под углом α , часть света отражается, а часть, преломившись, проходит в пластинку, отражается от ее нижней поверхности и, преломившись вторично, выходит из нее. Расстояние между лучами d . Определить толщину пластинки h .

1	Тело брошено с высоты 20 м с горизонтальной скоростью 10 м/с. Найти перемещение тела за 1-ую секунду движения. Сопротивлением воздуха можно пренебречь.
2	Первый вагон тронувшегося с места поезда прошел мимо неподвижного наблюдателя, стоявшего у начала этого вагона, за время t_1 , последний вагон — за время t_2 . Считая движение поезда равноускоренным, поезд длинным, а вагоны одинаковыми, найти время движения всего поезда мимо наблюдателя.
3	Точка прошла половину пути со скоростью v_0 . Оставшуюся часть пути она половину времени двигалась со скоростью v_1 , а последний участок — со скоростью v_2 . Найти среднюю за все время движения скорость точки.
4	Два тела начинают одновременно двигаться из начала координат вдоль оси Ox . Зависимость проекций скоростей тел от времени представлена на рисунке. Найдите время T после начала движения, через которое оба тела окажутся в одной точке.
5	На вершину идеально упругой наклонной плоскости падает упругий шарик с высоты $h = 0,5$ м. Сколько раз шарик ударится о наклонную плоскость, если длина ее $L = 3,5$ м, а угол наклона к горизонту $\alpha = 30^\circ$?

1	<p>В термос с горячей водой ($T = 400^\circ \text{C}$) опускают бутылочку с детским питанием. Она нагревается до температуры $T_1 = 360^\circ \text{C}$. Бутылочку вынимают и в термос опускают другую точно такую же. До какой температуры она нагреется? До погружения в термос обе бутылочки имели температуру $T_0 = 180^\circ \text{C}$.</p>
2	<p>В калориметре плавает в воде кусок льда. В калориметр опускают нагреватель постоянной мощности $N = 50 \text{ Вт}$ и начинают ежеминутно измерять температуру воды. В течение первой и второй минут температура воды не изменяется, к концу третьей минуты увеличивается на $\Delta T_1 = 2^\circ \text{C}$, а к концу четвёртой ещё на $\Delta T_2 = 5^\circ \text{C}$. Сколько граммов воды и сколько граммов льда было изначально в калориметре? Удельная теплота плавления льда $\lambda = 340 \text{ Дж/г}$, удельная теплоёмкость воды $C = 4.2 \text{ Дж/(г К)}$.</p>
3	<p>В двух калориметрах налито по 200 г воды — при температурах $+30^\circ$ и $+40^\circ \text{C}$. Из горячего калориметра зачерпывают 50 г воды, переливают в холодный и перемешивают. Затем из холодного калориметра переливают 50 г воды в горячий и снова перемешивают. Сколько раз нужно перелить такую же порцию воды туда-обратно, чтобы разность температур воды в калориметрах стала меньше 1°C? Потерями тепла в процессе переливаний и теплоёмкостью калориметров пренебречь.</p>
4	<p>1 кг льда и 1 кг легкоплавкого вещества, не смешивающегося с водой, при температуре $-40^{\text{circ}}\text{C}$ поместили в теплоизолированный сосуд с нагревателем внутри. На нагреватель подали постоянную мощность. Зависимость температуры от времени показана на рисунке. Удельная теплоёмкость льда $c_{\text{л}} = 2000 \text{ Дж/кг} \cdot \text{C}$, твёрдого вещества $c = 1000 \text{ Дж/кг} \cdot \text{C}$. Найдите удельную теплоёмкость вещества c_1 в расплавленном состоянии.</p>



Оборудование деревянная линейка, груз известной массы (50 г), нить, груз неизвестной массы.

Цель измерить массу неизвестного груза.

Задача

1. Рассмотреть различные способы взвешивания на линейке.
2. Найти массу неизвестного груза.

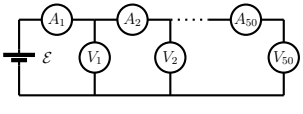
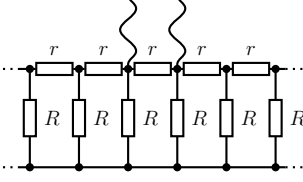
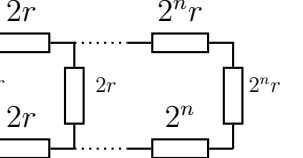
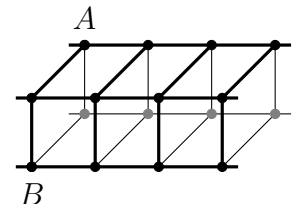
Разбалловка

- методика — 3 балла
- физическое обоснование — 2 балла
- измерения — 1 балл
- ответ — 2 балл
- погрешность — 2 балла

1. Определение потенциала. Физический смысл. Напряжение как разность потенциалов.
2. Напоминание правил Кирхгофа и метода контурных токов. Метод потенциалов. Алгоритм решения задач с помощью этого метода. Сравнение с ранее изученными методами решения цепей.
3. Бесконечные цепи — схемы, которые невозможно рассчитать с помощью правил Кирхгофа и эквивалентных ему алгоритмов.
4. Методика решения одномерных бесконечных цепей. Выявление повторяющегося участка цепи.
5. Методика решения некоторых двумерных бесконечных цепей. Принцип суперпозиции.

ЛИТЕРАТУРА

Петросян В.Г., Долгополова Л.В., Лихицкая И.В., “Методы расчета резисторных схем постоянного тока”, Физика. Первое сентября. №14, №18, №22, 2002.

1	<p>Собрана схема, содержащая 50 разных амперметров и 50 одинаковых вольтметров. Показания первого вольтметра $U_1 = 9.6$ В, первого амперметра $I_1 = 9.5$ мА, второго амперметра $I_2 = 9.2$ мА. Определите по этим данным сумму показаний всех вольтметров.</p>	
2	<p>Бесконечная гексогональная сетка состоит из одинаковых резисторов сопротивлением R. Каково эквивалентное сопротивление между двумя соседними точками сетки?</p>	
3	<p>Бесконечная сетка с квадратными ячейками изготовлена из проволоки. Сопротивление каждого ребра сетки равно R. Точка C — середина ребра AB. Какое сопротивление покажет омметр, подключенный между точками A и C?</p>	
4	<p>Хорошо всем известная бесконечная цепочка резисторов содержит резисторы сопротивлениями r и R. Чему равно сопротивление, измеренное между двумя соседними узлами (разделенными ровно одним резистором сопротивлением r)?</p>	
5	<p>Найдите сопротивление цепи, состоящей из бесконечного числа ячеек. Сопротивления резисторов заданы на рисунке.</p>	
6	<p>Найти эквивалентное сопротивление между точками A и B бесконечной цепочки, которая состоит из одинаковых проволочных резисторов сопротивлением R каждый.</p>	

Оборудование 2 груза известной массы (50г), груз неизвестной массы, резинка, нить, линейка.

Цель измерить массу неизвестного груза.

Задача

1. Проверить резинку на соблюдение закона Гука.
2. Вычислив коэффициент упругости, найти массу груза.

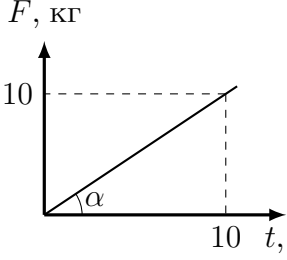
Разбалловка

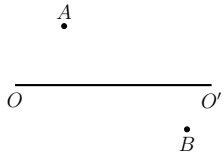
- методика — 3 балла
- физическое обоснование — 2 балла
- измерения — 1 балл
- ответ — 2 балл
- погрешность — 2 балла

1. Понятие импульса тела. Формулировка второго закона Ньютона с понятием импульса. Уравнение является выражением основного закона динамики материальной точки.
2. Изолированные системы. Принцип относительности Галилея и закон сохранения импульса. Вывод закона сохранения импульса через третий закон Ньютона.
3. Определение центра масс. Импульс центра масс системы.
4. Реактивное движение. Уравнение Мещерского. Применение к решению задач.

ЛИТЕРАТУРА

Бутиков Е.И., Кондратьев А.С., “Физика для углубленного изучения”, §§29-31, 1980.

1	<p>Пуля массой $m = 10$ г, летящая горизонтально со скоростью $v = 50$ м/с, попадает в ящик с песком массой $M = 50$ кг, подвешенный на веревке, и застревает в нем. На какую высоту поднимется ящик, отклоняясь после попадания?</p>	
2	<p>Автомобиль массой $m = 2 \cdot 10^3$ кг движется со скоростью $v = 90$ км/ч. В момент времени $t = 0$ с на него начинает действовать тормозящая сила F, которая нарастает по линейному закону. Через какое время автомобиль остановится?</p>	
3	<p>Тело массой 1 кг брошено под углом α к горизонту. За время полета его импульс изменился на $p = 10$ кгм/с. Определить наибольшую высоту подъема тела.</p>	
4	<p>Шарик массой m падает с высоты h на горизонтальную поверхность. Приняв длительность удара равной t, определить среднюю силу удара в случаях:</p> <ul style="list-style-type: none"> • удар абсолютно упругий; • удар абсолютно неупругий; • удар абсолютно упругий, а поверхность наклонена под углом α к горизонту. 	
5	<p>На гладкой горизонтальной поверхности лежит обруч, на котором сидит жук. Как будут двигаться жук и обруч, если жук поползет по обручу?</p>	

1	<p>Полуцилиндрическое зеркало, поперечное сечение которого представляет собой полуокружность, поместили в широкий пучок света, параллельный оптической оси зеркала. Найти наибольший угол между лучами в отраженном от зеркала пучке света.</p>	
2	<p>Маленькая муха летает по кругу радиусом $r = 1\text{см}$ с постоянной скоростью $u = 10\text{см/с}$. Центр круга находится на оптической оси собирающей линзы, на расстоянии $L = 30\text{см}$ от нее. Фокусное расстояние линзы равно $f = 10\text{см}$. Найдите минимальную и максимальную величины скорости изображения мухи, создаваемого линзой. При каком положении изображения они достигаются?</p>	
3	<p>Двояковогнутая линза расположена на глубине h поверхности воды (горизонтально). Снизу на линзу падает параллельный пучок света. Фокусное расстояние линзы в воде $F > h$ показатель преломления воды n. На каком расстоянии соберутся лучи? Считать, что углы между лучами и главной оптической осью малы.</p>	
4	<p>В толще стекла с показателем преломления n имеется сферическая полость с воздухом. Луч света, распространяющийся в стекле падает на полость на расстоянии a от оси. На каком расстоянии от этой оси луч выйдет из полости?</p>	
5	<p>С помощью линзы, оптическая ось которой OO', было получено изображение B точки A. Где расположена линза, какая это линза и где находятся ее фокусы?</p>	
6	<p>Внутренняя поверхность конуса, покрытая отражающим слоем, образует коническое зеркало. Вдоль оси конуса внутри него натянута тонкая светящаяся нить. Определите минимальный угол α раствора конуса, при котором лучи, идущие от нити, будут отражаться от поверхности конуса не более одного раза.</p>	

1. Доказательство теоремы Пифагора методом размерностей. Что такое размерность. Зависимые и независимые размерности. Степенной характер зависимости. Масштабы.
2. Примеры применения метода размерностей:
 - частота колебаний математического маятника;
 - центростремительное ускорение;
 - оценка энергии взрыва бомбы из зависимости радиуса облака от времени.
3. Оценка g на Луне в приближении равных с Землей плотностей.
4. Оценка максимальной высоты горы.
5. Свойства материалов. Оценка скорости звука в газе и твердых телах. Модуль Юнга.
6. Правило $n - k$. Векторные размерности. Длина свободного пробега в газе. Безразмерные параметры. Формулировка П-теоремы.
7. Задача про метаболизм млекопитающих. Максимальный и минимальный размер теплокровных животных.

ЛИТЕРАТУРА

Бутиков Е.И., Кондратьев А.С., “Физика для углубленного изучения”, §28, 1980.

1	Между двумя стенами натянута нить, в середине которой подвешен небольшой грузик. Шарик отклонили от положения равновесия. Как изменится период малых колебаний, если сила натяжения увеличится вдвое.
2	Точка начинает равноускоренное движение из состояния покоя. Известно что, за первую секунду точка прошла 10 м. Какой путь она пройдет за первые 10 секунд.
3	Оценить давление в центре Земли, если известно g , R_3 , M_3 .
4	Со стола в горизонтальном направлении вылетает шарик. Известно, что он отлетел на 10 м. Какова была бы горизонтальная дальность полета, если бы стол был в два раза выше?
5	Оценить минимальный радиус астероида, по которому можно прыгать не улетая в космос.
6	Оценить мощность излучения Солнца, если расстояние до него $150 \cdot 10^9$ м.

Оборудование: собирающая линза, линейка, источник света.

Цель: измерить фокусное расстояние линзы.

Задача:

1. Получить действительное изображение.
2. Найти фокусное расстояние линзы.

Разбалловка:

- методика — 4 балла;
- физическое обоснование — 2 балла;
- измерения — 2 балл;
- погрешность — 2 балла.

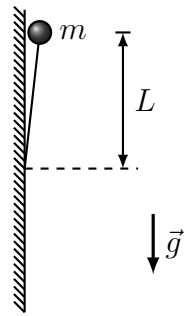
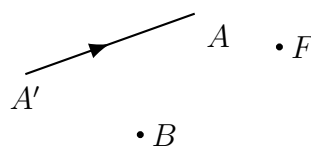
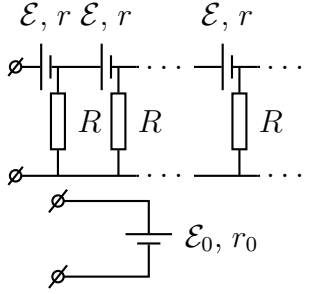
1	Длина неподвижной лодки 4 м, ее масса 240 кг. На противоположных концах лодки находятся два человека массами 60 кг и 100 кг. Определить расстояние, на которое переместится лодка относительно воды, если люди обменяются местами (сопротивлением воды пренебречь).
2	На гладком столе лежат два одинаковых шара массой M каждый. Расстояние между шарами l намного больше их радиусов. В один из шаров по линии их центров попадает пуля массой m , летевшая горизонтально со скоростью v . Пробив первый шар, пуля теряет половину скорости, и попадает во второй шар. Через сколько времени столкнутся шары?
3	На нити, перекинутой через блок, подвешены два груза неравной массы ($m_2 > m_1$). Определить ускорение центра масс этой системы. Массой блока и нити пренебречь.
4	В результате распада покоящейся частицы обнаружены две дочерние частицы разлетающиеся под углом 120° с равными массами m и равными импульсами p . Экспериментаторы предполагают существование третьей частицы. Найти импульс частицы и определить её массу, если известно, что при распаде поглотилась энергия E .

1. Понятие светового луча, светового пучка, гомоцентрического пучка, точечного источника света. Геометрическая тень.
2. Понятие отражения, виды отражения (зеркальное, диффузное). Угол падения и угол отражения. Закон отражения. Понятия плоского зеркала, точечного источника, области видимости источника.
3. Вогнутое и выпуклое сферические зеркала. Формула сферического зеркала. Мнимые и действительные изображения.
4. Фокус сферического зеркала. Базовые лучи, построение изображений. Линейное увеличение зеркала.
5. Геометрические построения, которые можно осуществить, используя циркуль и линейку.
6. Показатель преломления среды. Закон Снеллиуса. Понятие предельного угла. Явление полного внутреннего отражения. Устройство световода. Преломление света на сферической поверхности. $\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1}$
7. Приближение малых углов.

ЛИТЕРАТУРА

Сивухин Д.В., “Общий курс физики”, том 3, глава 2, §§9-10, 1980.

Условия задач:

1	<p>Камень, брошенный вертикально вверх с достаточно большой высоты, за первую секунду полёта проходит путь S. Какой путь пройдёт камень за вторую секунду полёта? Ускорение свободного падения равно $g = 10 \text{ м/с}^2$. Сопротивлением воздуха пренебречь.</p>	
2	<p>На одной стороне магнитофонной кассеты от начала до конца без перерывов записано $N = 45$ коротких песенок с продолжительностью звучания $\tau = 1$ мин каждая. Время быстрой перемотки ленты от начала до конца с постоянной угловой скоростью вращения ведущей оси равно $T_1 = 2$ мин 45 с. На какую песню мы попадём, если перемотаем ленту с самого начала вперёд в течение $T_2 = 1$ мин 50 с? Для данной кассеты радиус оси с намотанной на неё всей лентой равен $R = 25$ мм, а без ленты $r = 10$ мм.</p>	
3	<p>Альпинистская капроновая верёвка подчиняется закону Гука, пока не разрывается при силе натяжения $T = 22000$ Н, будучи растянутой на $\alpha = 0.25$ от своей первоначальной длины. Стандартный способ испытания верёвки такой: один конец верёвки длиной L закрепляют на стене, и с высоты, равной L, сбрасывают груз массой m, привязанный к другому концу (см. рисунок). При каком максимальном грузе m верёвка обязана выдержать рывок?</p>	
4	<p>Две одинаковые бусинки с одинаковыми массами нанизаны на гладкую горизонтальную спицу и расталкиваются с силой α/r^2. Известно, что если эти бусинки расположить на расстоянии r_0 друг от друга и отпустить без начальной скорости, то расстояние между ними удвоится через время t_0. Через какое время t_1 расстояние между бусинками удвоится, если начальное расстояние между ними увеличить в k раз?</p>	
5	<p>Говорят, что в архиве Снеллиуса нашли чертеж оптической схемы. От времени чернила выцвели и на чертеже остались видны только падающий луч да три точки. Правый фокус F тонкой линзы, точка A, в которой преломился падающий луч $A'A$ и точка B, принадлежащая левой фокальной плоскости линзы. Восстановите по этим данным положение линзы, ее главной оптической оси и ход луча за линзой.</p>	
6	<p>Очень длинная цепочка составлена из батарей с ЭДС \mathcal{E} и внутренним сопротивлением r и резисторов с сопротивлением R как показано на рис. Определить ЭДС \mathcal{E}_0 и внутреннее сопротивление эквивалентной батареи.</p>	

Список команд:

У двери	У окна	Стальные	Нет
Яковлев (к)	Григорьева(к)	Хейнолайнен(к)	Павлов (к)
Кислицын	Левдик	Шеверев	Филиппов
Усс	Кондрашов	Заварин	Мошников
Никитюк	Дорофеев	Мотыльков	Цедилин
Никка	Лупуляк	Тагиев	Селин
Мальшева	Усачев	Колбенков	Субботин

Результаты:

№	Стальные	Нет	Жюри
6	Мотыльков 0	Филиппов 12	0
2	Шеверев 0	Цедилин 12	0
1	Заварин 11	Мошников 1	0
5	Хейнолайнен 2	Павлов 9	1
3	Тагиев 4	Селин 0	8
	отказ 0	отказ 0	12
Итого:	17	34	21

№	У окна	У двери	Жюри
4	Усачев 1	Никка 6	5
2	Левдик 5	Никитюк 1	6
1	Луцуляк 12	Кислицын 0	0
5	Григорьева 0	Усс 12	0
6	Кондрашов 0	Яковлев 12	0
3	Дорофеев 0	Мальшева 12	0
Итого:	18	43	11

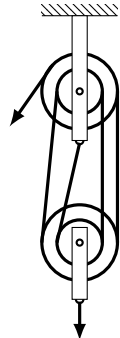
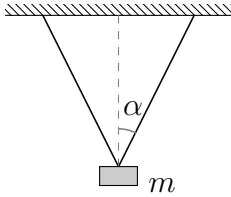
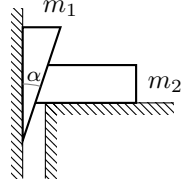
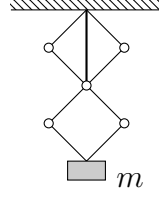
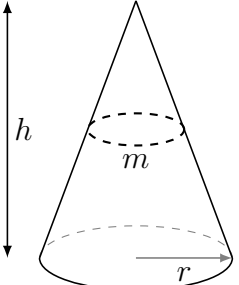
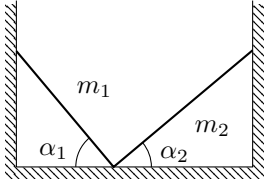
1. Работа. Элементарная работа. Виртуальное перемещение.
2. Работа сил связи в твердом теле. Формулировка условия равновесия через работу.
3. Доказательство закона Паскаля, правила рычага и блока при помощи соображений энергии.

Применение метода в решении следующих задач:

1	Система из прямоугольного неподвижного клина с блоком на верхнем углу и двух грузов массами m_1 и m_2 , соединенных нерастяжимой нитью переброшенной через блок находится в равновесии. Найти угол основания клина.
2	Какую минимальную силу надо приложить к ручке винтового домкрата, если длина ручки L , масса машины m , за один полный оборот ручки высота изменяется на h .

ЛИТЕРАТУРА

Шапиро А.И., Бодик В.А., “Физика для углубленного изучения”, §§6, 1992.

1	<p>Определите выигрыш в силе, который дает полиспаст, используя соображения энергии.</p>	
2	<p>Небольшой грузик массой m подвешен на двух нитях к потолку. Найдите силу натяжения нити.</p>	
3	<p>Найдите величину горизонтальной силы \vec{P}, удерживающей тяжелые гладкие призмы с массами m_1 и m_2 в состоянии равновесия. Угол скоса призм α.</p>	
4	<p>Система состоит из двух одинаковых невесомых звеньев, скрепленных шарнирами. Определите, пренебрегая трением, какова будет сила натяжения нити, если к системе подвесить грузик массой m. Решите эту же задачу для случая с n звеньями.</p>	
5	<p>На гладкий прямой круговой конус, с высотой h и радиусом основания r, надето массивное резиновое кольцо. Найдите силу натяжения в кольце, если известно, что оно покоится в горизонтальной плоскости.</p>	
6	<p>Два однородных стержня, массы которых m_1 и m_2, опираются на гладкие вертикальные стенки и гладкую горизонтальную поверхность. Найдите соотношение между углами α_1 и α_2, если система находится в равновесии.</p>	

Оборудование

«Серый ящик» с пронумерованными выводами, омметр. Внутри «серого ящика» находится пять резисторов с сопротивлением r и один резистор с сопротивлением R , соответствие между выводами «ящика» и нарисованной схемы неизвестно.

Цель Найти сопротивление резисторов (r и R), входящих в черный ящик.

Задача:

1. Измерить сопротивление между выходами серого ящика.
2. Предложить способ нахождения соответствия между выходами «серого ящика» и выходами указанной схемы.
3. Определить значения R и r .

Разбалловка

- таблица измерений — 4 балла;
- вывод R_{14} — 1 балл;
- вывод R_{23} — 1 балл;
- найдено соответствие — 3 балла;
- получено r — 1 балл;
- получено R — 1 балл;
- найдена погрешность — 1 балл.

Оборудование линейка, пластилин, лист миллиметровки

Цель измерить коэффициент трения пластилина о линейку.

Задача: измерить значение коэффициента трения пластилина о линейку, при условии, что линейка должна лежать горизонтально. Наклонять линейку и/или стол запрещено.

Методика при поступательном движении линейки, соприкасающийся с ней брусок пластилина испытывает со стороны линейки две силы: силу реакции опоры N и силу трения пластилина о линейку $F_{\text{тр}}$. Отношение этих двух величин и есть искомое значение коэффициента трения. Определить экспериментально отношение $F_{\text{тр}}/N$ можно как $\text{tg}\alpha = \Delta X/\Delta Y$, где ΔX — перемещение вдоль линейки, а ΔY — перемещение перпендикулярно линейке.

Разбалловка

- физическое обоснование — 2 балла
- измерения — 2 балла
- погрешность — 2 балла

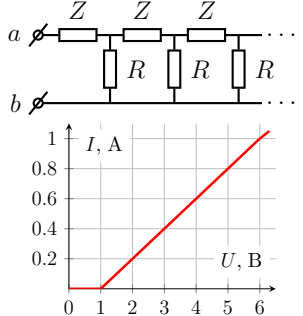
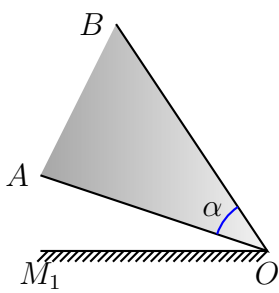
1	В жидкость с показателем преломления $n_1 = 1.4$ помещена тонкая линза с показателем преломления $n_2 = 1.6$ и оптической силой 10 дптр. Найти расстояние на котором соберётся пучок, пущенный через линзу параллельно главной оптической оси.
2	Пассажир автобуса, едущего вдоль прямого канала с водой, наблюдает за световым бликом, который отбрасывается спокойной поверхностью воды от фонаря, стоящего на противоположном берегу канала. Найдите скорость движения блика по поверхности воды относительно берегов канала, если высота фонаря над поверхностью воды H , высота глаз пассажира над поверхностью воды h , скорость автобуса v .
3	Гуляя по парку физических аттракционов, злой Волк заметил беспечного Зайца и устремился к нему с постоянной по модулю скоростью V , которая в любой момент времени была направлена на Зайца. Заяц заметил преследование, и побежал от Волка с постоянной по модулю скоростью u , направленной все время строго от Волка. Заяц и не догадывался, что он убегает не от настоящего Волка, а от его изображения в длинном прямом зеркальном заборе; оказалось также, что и Волк гнался лишь за изображением Зайца в том же заборе. Заяц и Волк стартовали, находясь от забора на расстоянии a и b соответственно. На каком расстоянии от забора окажется Заяц в тот момент, когда Волк разобьет о зеркало лоб?
4	Высокий цилиндрический стакан плавает в жидкости плотностью ρ . На дне стакана лежит вогнутое зеркало с радиусом кривизны R ; оптическая ось зеркала совпадает с осью стакана. На высоте H над поверхностью жидкости строго над серединой стакана расположена лампочка. При какой суммарной массе стакана и зеркала в нем изображение лампочки окажется на уровне поверхности жидкости? Радиус дна стакана r .

1. Преломление луча при прохождении через тонкий клин. Угол отклонения пучка параллельных лучей.
2. Линзы. Понятие тонкой линзы. Собирающие и рассеивающие линзы.
3. Фокусное расстояние линзы. Оптическая сила линзы.
4. Формулы тонкой линзы. Случай собирающей и рассеивающей линзы.
5. Построение действительного и мнимого изображений предметов неправильной формы в собирающей и рассеивающей линзах.
6. Поперечное и продольное изменение масштабов.
7. Оптические приборы:
 - глаз. Устройство глаза, понятие расстояния наилучшего зрения. Аккомодация. Близорукость и дальнозоркость;
 - угловое увеличение приборов, вооружающих глаз;
 - лупа;
 - микроскоп;
 - телескоп, труба Кеплера, труба Галилея, рефлекторы.

ЛИТЕРАТУРА

Сивухин Д.В., “Общий курс физики”, том 3. Глава 2, §§21-24, 1980.

Условия задач:

1	<p>Тело массой $m = 10$ кг подвешено в лифте при помощи трёх одинаковых лёгких верёвок, натянутых вертикально. Одна из них привязана к потолку лифта, две другие — к полу. Когда лифт неподвижен, натяжение каждой из нижних верёвок составляет $F_0 = 5$ Н. Лифт начинает двигаться с постоянным ускорением, направленным вверх. Найдите установившуюся силу натяжения верхней верёвки при следующих значениях ускорения лифта: $a_1 = 1$ м/с². Ускорение свободного падения равно $g = 9.8$ м/с². Считайте, что сила натяжения верёвки пропорциональна её удлинению.</p>	
2	<p>Осколочный снаряд летит со скоростью u по направлению к плоской стенке. На расстоянии l от неё снаряд взрывается и распадается на множество осколков, летящих во все стороны и имеющих скорость v относительно центра масс снаряда. Какая область на поверхности стенки будет поражена осколками? Силой тяжести и сопротивлением воздуха пренебречь.</p>	
3	<p>Бесконечная цепочка составлена из одинаковых нелинейных элементов Z и резисторов с сопротивлением $R = 4$ Ом. Вольт-амперная характеристика цепочки, измеренная между входными клеммами a и b, изображена на рисунке. Определите графическим построением вольт-амперную характеристику нелинейного элемента Z.</p>	
4	<p>Небольшой мяч бросили между двумя гладкими вертикальными параллельными стенками со скоростью $v_0 = 8$ м/с под углом 45° к горизонту. Сколько раз мяч ударится о стенки до того, как вернется на прежнюю высоту. Расстояние между стенками равно $l = 1$ м. Удары абсолютно упругие.</p>	
5	<p>В архиве Снеллиуса нашли чертеж, на котором были изображены два плоских зеркала M_1 и M_2, образующие двугранный угол φ, точечный источник света S и область AOB (она заштрихована), из которой можно было видеть одновременно оба изображения источника. От времени чернила выцвели, и невозможно стало разглядеть, как расположено зеркало M_2 и точечный источник S. Восстановите по имеющимся данным с помощью циркуля и линейки без делений положение зеркала M_2 и геометрическое место точек, где бы мог находиться источник S. Зеркала считайте полубесконечными. Угол AOB равен α.</p>	
6	<p>Егор решил сделать свой парашют. Для этого он собрал модель в масштабе 1 : 10 и провел несколько тестов. При скорости ветра 1 м/с подъемная сила оказалась равной 1 Н, а при скорости 3 м/с — 9 Н. На сколько должен похудеть мальчик для того, чтобы полетать на настоящем парашюте при скорости ветра 3 м/с, если сейчас его масса 100 кг?</p>	

Результаты:

№	У окна	Стальные	Жюри
2	Лупуляк 0 ● →	Шеврев 12	0
6	Левдик 8 ← ●	Хейнолайнен 2	2
5	Григорьева 12 ← ●	Тагиев 0	0
3	Кондрашов 0 → ●	Заварин 12	0
1	Усачев 0 ← ●	Мотыльков 12	0
4	Дорофеев 12 ← ●	Колбенков 0	0
Итого:	32	38	2

№	У двери	Нет	Жюри
3	Яковлев 3 ← ●	Павлов 0	9
2	Кислицын 6 ← ●	Цедилин 0	6
1	Усс 12 ← ●	Селин 0	0
6	Никка 0 ● →	Мошников 12	0
4	Никитюк 8 ← ●	Субботин 4	0
5	Мальшева 0 ● →	Филиппов 12	0
Итого:	29	28	15

1	Тело массой $m = 1$ кг, брошенное под углом к горизонту с высоты $H = 5$ м над поверхностью земли со скоростью $v_0 = 6$ м/с, упало на землю со скоростью $v = 4$ м/с. Найдите работы сил, действовавших на тело.
2	Две пружины с коэффициентами жесткости k_1 и k_2 соединены между собой. Какую работу необходимо совершить, чтобы общая длина соединенных пружин изменилась на ΔL ?
3	Двое рабочих выкапывают яму глубиной H , причем делают это в два разных дня. До какой глубины следует копать первому, чтобы совершенные работы были равны?
4	Тело массой $m = 100$ г падает с высоты $h = 5$ м на чашу пружинных весов и сжимает пружину жесткостью $k = 103$ Н/м на величину x . Определим x , если масса чаши и пружины весов пренебрежимо малы.
5	На горизонтальном столе лежит на боку однородный конус массой m с радиусом основания R и углом при вершине 2α . Для того, чтобы медленно поставить конус на вершину в положение, при котором его ось вертикальна, нужно совершить работу A . Какую минимальную работу A_0 нужно совершить для того, чтобы из исходного положения поставить конус на основание?
6	При каких углах бросания α существует точка траектории, в которой кинетическая энергия тела в три раза больше потенциальной относительно уровня земли?
7	Сплошной однородный цилиндр радиуса R и длины L лежит на дне сосуда в форме параллелепипеда длины чуть большей L , ширины чуть большей $2R$. Сосуд заполнен жидкостью, так что она полностью покрывает цилиндр. Плотность материала цилиндра ρ , плотность жидкости ρ_0 . Какую минимальную работу необходимо совершить, чтобы вынуть цилиндр из жидкости?

1	Две лодки идут параллельными курсами навстречу друг другу с одинаковыми скоростями v . Когда лодки встречаются, с одной лодки на другую перебрасывают груз массой m , а затем со второй лодки на первую перебрасывают такой же груз. В другой раз грузы перебрасывают из лодки в лодку одновременно. В каком случае скорости лодок после перебрасывания грузов будут больше? Масса каждой лодки M .
2	С какой силой F давит на землю кобра, готовясь к прыжку, поднимаясь вертикально вверх с постоянной скоростью v ? Масса змеи m , ее длина l .
3	На гладком горизонтальном столе лежит клин массой M и высотой h . Угол наклона поверхности клина к горизонту равен α . С клина соскальзывает без трения небольшое тело массой m . Какую скорость v приобретет тело в конце спуска? Найдите модуль и направление скорости.
4	Вследствие нецентрального удара бильярдного шара о такой же неподвижный шар эти шары разлетаются всегда под одним и тем же углом. Каков этот угол? Столкновение бильярдных шаров можно считать упругим.
5	На горизонтальном обледеневшем участке дороги лежит длинная доска массой M . На эту доску мальчик поставил радиоуправляемую модель автомобиля массой m , а затем, подав радиосигнал, включил двигатель автомобиля. Зная, что автомобиль движется вдоль доски с постоянной относительно неё скоростью v и что коэффициент трения доски о лёд равен V , найдите зависимость скорости автомобиля относительно дороги от времени.

1. Равномерное движение по окружности.
2. Периодичное движение, определение периода, частоты, угловой частоты, радиан. Размерность «Герц» и примеры использования этой размерности в повседневной жизни.
3. Скалярное и векторное перемножение двух векторов, правило правой руки.
4. Вектор линейной скорости и ускорение, как способ его изменения. Тангенциальное и нормальное ускорение, их ортогональность. Полное ускорение произвольно движущегося тела.
5. Линейная скорость при равномерном движении по окружности, связь с периодом, угловой скоростью и радиусом.
6. Нормальное ускорение при движении по окружности. Направление нормального ускорения, его величина.

ЛИТЕРАТУРА

Бутиков Е.И., Кондратьев А.С., «Физика для углубленного изучения», §11, 1980.

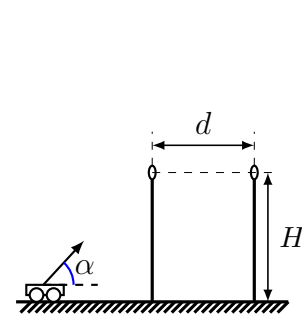
1	Кажущаяся глубина водоёма, если смотреть вертикально вниз равна 3 м. Чему равна истинная глубина водоёма?
2	Действительное изображение предмета в вогнутом зеркале превышает по своим размерам предмет в три раза. После того, как предмет отодвинули от зеркала на 80 см, его изображение стало в два раза меньше предмета. Найти фокусное расстояние зеркала.
3	В углу прямоугольной комнаты с размерами $a \times b \times H = 9\text{ м} \times 3.5\text{ м} \times 4\text{ м}$ висят два высоких зеркала от пола до потолка шириной $c = 1\text{ м}$ каждое, вплотную прижатые друг к другу. На расстоянии 1 м от зеркал находится источник с таким рефлектором, что свет от источника попадает только на зеркала. Существуют ли в комнате участки стен, на которые не попадает свет, и если да, то какова их площадь.
4	В случае помутнения хрусталика людям делают операцию по замене естественного хрусталика на искусственный. Искусственный хрусталик для глаза сделан так, что позволяет владельцу без очков чётко видеть далёкие предметы. В отличие от естественного хрусталика, кривизна поверхностей которого может изменяться (при этом глаз фокусируется на выбранных объектах — это называется аккомодацией), искусственный хрусталик жёсткий и перестраиваться не может. Оцените оптическую силу очков, дающих возможность без труда читать книгу, находящуюся на расстоянии $d = 0.3\text{ м}$ от глаза.

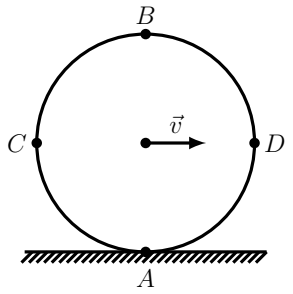
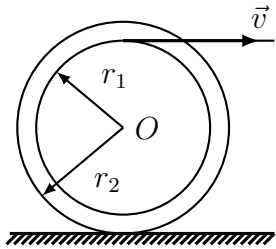
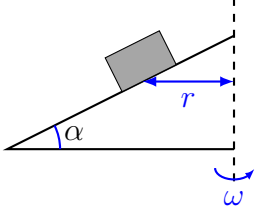
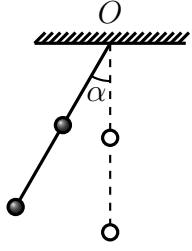
1. Скалярное произведение векторов. Определение работы силы. $A = \vec{F} \cdot \vec{s}$.
2. Классификация сил по их работам: Консервативные, диссипативные и гироскопические силы. Работа как площадь под графиком.
3. Расчет работы сил: Архимеда, Гука, реакции опоры, тяжести, трения.
4. Работа потенциальных сил по замкнутому контуру. Эквивалентное определение потенциальной силы. Потенциальная энергия.
5. Движение под действием постоянной силы. Кинетическая энергия материальной точки. Кинетическая энергия системы точек. Теорема о кинетической энергии. Теорема Кенига.
6. Закон сохранения механической энергии и его вывод с помощью законов Ньютона.
7. Переход механической энергии в тепловую.

ЛИТЕРАТУРА

Бутиков Е.И., Кондратьев А.С., “Физика для углубленного изучения”, §§32-33, 1980.

1	<p>От пристани «Дубки» экспериментатор Глюк отправился в путешествие по реке на плоту. Ровно через час он причалил к пристани «Грибки», где обнаружил, что забыл свой рюкзак на пристани в «Дубках». К счастью, Глюк увидел на берегу своего друга теоретика Бага, у которого была моторная лодка. На ней друзья поплыли обратно, забрали рюкзак и вернулись в «Грибки». Сколько времени моторная лодка плыла против течения, если всё плавание заняло 32 минуты? Мотор лодки в течение всего плавания работал на полную мощность, а время, которое потребовалось на подбор рюкзака, пренебрежимо мало.</p>
2	<p>Мелкокалиберную винтовку закрепили на стенде так, что её ствол оказался горизонтальным. После этого из винтовки начали стрелять в мишень, находящуюся от неё на расстоянии $L = 50$ м. Из-за небольшого разброса Δv скорость пуль они попадают в мишень на разной высоте, причем максимальное отклонение высоты их попадания в мишень от её среднего значения составляет $\Delta h = 17$ мм. Определите максимальное отклонение Δv скорости пули от её среднего значения $v_0 = 350$ м/с. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Изменение скорости пули из-за сопротивления воздуха не учитывать.</p>
3	<p>Чебурашка и Крокодил Гена решили устроить забег по лестнице в доме Дружбы. Выяснилось, что Чебурашка успевает три раза добежать до четвертого этажа и вернуться на первый за время, пока Гена поднимается на шестнадцатый этаж. На какой этаж успеет подняться Чебурашка, пока Гена будет бегать с первого этажа на шестой и обратно? Считайте, что Чебурашка и Гена бегают с постоянной скоростью.</p>
4	<p>На гладком столе лежит кольцо массой m и радиусом R. Кольцо сделано из проволоки, выдерживающей максимальное натяжение T_0. До какой угловой скорости ω нужно раскрутить кольцо, чтобы оно разорвалось?</p>
5	<p>Побывав на компьютерной выставке, Вовочка в качестве сувенира получил электронные часы в форме яблока, способные показывать время с точностью до сотых долей секунды. Стоя на эскалаторе, движущемся вниз, он подкинул яблоко вверх, и заметил, что в верхней точке траектории часы показали 11:32:45:81. Между тем, его учительница, поднимавшаяся в это время на соседнем эскалаторе, заметила, что в верхней точке часы показали 11:32:45:74. Определите по этим данным скорость движения эскалаторов u, если известно, что они движутся с одинаковой скоростью и наклонены под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Сопротивлением воздуха пренебречь, g считать равным 10 м/с².</p>
6	<p>На ровном гладком полу установлены два шеста высоты H с небольшими кольцами наверху. Расстояние между кольцами d, а их плоскости перпендикулярны линии, соединяющей вершины шестов. По полу может перемещаться маленький робот, функция которого — запускать небольшие мячики с фиксированной скоростью v_0 под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту. Скорость v_0 подобрана так, что $v_0^2 > 4gH$. При каком минимальном $d \neq 0$ робот может выполнить бросок так, чтобы мячик пролетел сквозь оба кольца? Удар мяча о пол считайте абсолютно упругим. Отдельно рассмотрите случай $gH \ll v_0^2$.</p>



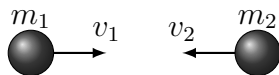
1	<p>Колесо радиуса R равномерно катится по горизонтальной поверхности. От точки C колеса отрывается кусочек грязи, с какой скоростью v движется колесо, если кусок побывал в воздухе и снова опустился на землю (в точку C).</p>	
2	<p>Катушку с нитками тянут за нитку с постоянной скоростью v, как показано на рисунке. Катушка катится по горизонтальной поверхности без проскальзывания. Определите угловую скорость вращения катушки.</p>	
3	<p>На наклонной плоскости с углом наклона α лежит тело. Плоскость равномерно вращается вокруг вертикальной оси. Расстояние от тела до оси вращения r. Наименьший коэффициент трения, при котором тело удерживается на вращающейся наклонной плоскости μ. Найти угловую скорость вращения ω.</p>	
4	<p>На гладком столе лежит кольцо массой m и радиусом R. Кольцо сделано из проволоки, выдерживающей максимальное натяжение T_0. До какой угловой скорости ω нужно раскрутить кольцо, чтобы оно разорвалось?</p>	
5	<p>Нить маятника налетает на гвоздь, вбитый на расстоянии a под точкой подвеса. Найти максимальное натяжение нити, если длина нити l, а начальный угол отклонения α_0. Масса груза — m.</p>	
6	<p>На невесомом стержне укреплены два одинаковых маленьких шарика таким образом, что $OB = BC = l$. Начальный угол отклонения стержня равен α, начальная скорость равна нулю. Найти угловую скорость стержня в момент прохождения им положения равновесия.</p>	

1. Определение импульса. Второй закон Ньютона. Суммарный импульс системы равен импульсу центра масс. Следствие из этого утверждения.
2. Определение твердого тела. Поступательное и вращательное движения. Разложение любого движения на поступательное и вращательное.
3. Скалярное и векторное произведение. Простейшие свойства.
4. Момент сил, правило рычага. Момент импульса для точки и для системы точек. Угловая скорость. Радианы.
5. Момент инерции. Связь момента импульса, момента инерции и угловой скорости.
6. Энергия вращающегося тела в системе отсчета центра масс. Энергия вращающегося тела в произвольной системе отсчета.
7. Связь момента сил и момента импульса. Аналогия величин, отвечающих вращательному движению и величин, отвечающих поступательному движению тела.
8. Закон сохранения импульса в замкнутой системе. Закон сохранения момента импульса в поле центрально симметричных сил.

ЛИТЕРАТУРА

Бутиков Е.И., Кондратьев А.С., “Физика для углубленного изучения”, §§40, 1980.

1. Удары. Абсолютно упругие и абсолютно неупругие удары. Законы сохранения, которые можно применять в каждом из случаев. Потери энергии при абсолютно неупругом ударе.
2. Расчет скоростей двух тел, после абсолютно упругого и абсолютно неупругого ударов.
3. Переход в систему отсчета центра масс в задачах на соударения.
4. Решение задачи про максимальный угол рассеивания при абсолютно упругом центральном ударе. Вычислим на какой угол может отклониться скорость тел, относительно начального направления:



Предположим, что $m_1 \geq m_2$. Перейдем сначала в систему отсчета более тяжелого тела $\vec{v}_0 = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$, а затем в систему отсчета центра масс:

$$\vec{v}_{\text{цм}} = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{m_1 + m_2}; \quad \vec{v}'_0 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \vec{v}_0$$

$$\vec{v}'_0 = \vec{v}'_{0\text{цм}} + \vec{u}'_1$$

В системе отсчета связанной со вторым телом:

$$\sin \alpha = \frac{u'_1}{v_{0\text{цм}}} = \frac{u_1}{v_{0\text{цм}}} = \frac{m_2}{m_1}$$

Если одно из тел покоится, то максимальный угол разлета не зависит от начальной скорости налетающего тела.

ЛИТЕРАТУРА

Бутиков Е.И., Кондратьев А.С., “Физика для углубленного изучения”, §§37, 1980.

1	На легкой пружине подвешен тяжелый груз. Пружину медленно оттягивают вниз за середину, совершая при этом некоторую работу A , затем пружину отпускают. Определите максимальную кинетическую энергию груза при последующем движении.
2	Два шара одного размера висят на одинаковых нитях длиной $l = 0.5$ м, касаясь друг друга. Массы шаров относятся как 2 : 3. Более легкий шар отклонили от положения равновесия на 90° и отпустили. На сколько сантиметров поднимется второй шар после абсолютно упругого удара?
3	Два шара одинаковых радиусов движутся по гладкой, горизонтальной поверхности в одном направлении. Массы шаров m_1 и m_2 , их скорости v_1 и v_2 направлены по линии центров шаров. Определите скорости шаров после их абсолютно упругого удара.
4	Небольшой шарик лежит на дне ящика, касаясь его правой стенки. В результате толчка извне ящик начинает двигаться вправо по гладкой горизонтальной поверхности со скоростью v . Через какое время T шарик займет первоначальное относительно ящика положение, если его соударения с ящиком абсолютно упругие, дно ящика гладкое, а расстояние между его стенками равно L ?
5	Гладкая вертикальная стенка движется в горизонтальном направлении со скоростью u . В стенку попадает шарик, летящий со скоростью v , которая составляет угол α с перпендикуляром к стенке. Считая удар абсолютно упругим, определите модуль скорости шарика после удара. Масса стенки много больше массы шарика.

Оборудование: серый ящик, представляющий собой треугольник из сопротивлений, омметр. Два резистора из трех имеют одинаковое сопротивление.

Цель: Найти сопротивление резисторов, входящих в черный ящик.

Задача:

1. Измерить сопротивление между выходами серого ящика.
2. Используя перевод схемы “звезда” в схему “треугольник” определить значения сопротивлений, составляющих серый ящик.

Разбалловка:

- методика — 1 балл;
- физическое обоснование — 1 балл;
- погрешность — 1 балл;
- ответ — 1 балл.

1	Тело массой 1 кг брошено под углом к горизонту. За время полета его импульс изменился на $p = 10$ кгм/с. Определить наибольшую высоту подъема тела.
2	На вершину идеально упругой наклонной плоскости падает упругий шарик с высоты $h = 0.5$ м. Сколько раз шарик ударится о наклонную плоскость, если длина ее $L = 32$ м, а угол наклона к горизонту $\alpha = 30^\circ$?
3	В солдата, сидящего в окопе, неприятель выстрелил из мортиры. Снаряд летел ровно на него, но до окопа не долетел. С точки зрения солдата снаряд поднимался в течение t_1 секунд, а опускался быстрее, за t_0 секунд, смотрел он из окопа от уровня земли. Известно, что неприятельские мортиры стреляют под углом α к горизонту, а модуль начальной скорости снаряда равен V_0 . Найдите, на каком расстоянии от окопа упал снаряд? Сопротивлением воздуха пренебречь, ускорение свободного падения равно g .
4	При каких углах бросания α существует точка траектории, в которой кинетическая энергия тела в три раза больше потенциальной относительно уровня земли?

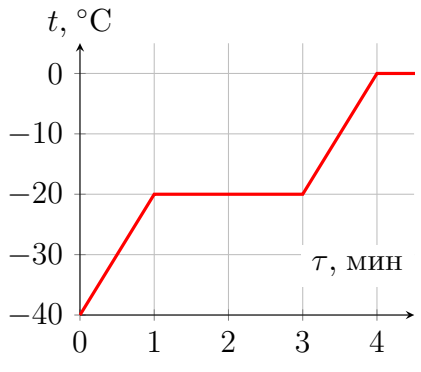
Оборудование два груза неизвестной массы, нитка, лист миллиметровки, стакан с водой, $\rho_{\text{воды}} = 1\text{г/см}^3$.

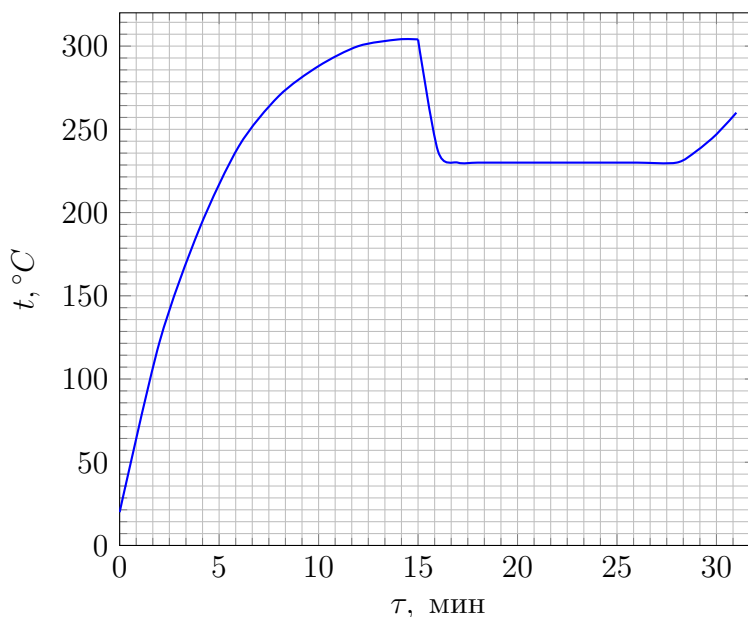
Цель найти плотности материалов, из которых изготовлены грузики.

Задача С помощью метода разложения сил на составляющие определить отношение масс двух грузиков. Применив этот же метод для каждого из грузов, погруженных в стакан с водой, определить плотности материалов грузиков.

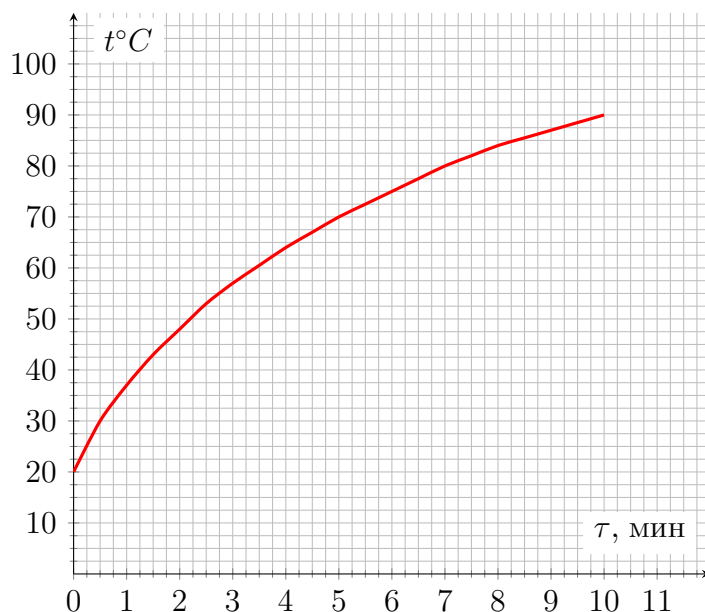
Разбалловка

- физическое обоснование — 4 балла
- измерения — 2 балла
- ответ — 3 балла
- погрешность — 1 балл
- борьба с погрешностями — 2 балла

1	<p>1 кг льда и 1 кг легкоплавкого вещества, не смешивающегося с водой, при температуре -40°C поместили в теплоизолированный сосуд с нагревателем внутри. На нагреватель подали постоянную мощность. Зависимость температуры от времени показана на рисунке. Удельная теплоёмкость льда $c_{\text{л}} = 2000 \text{ Дж/кг} \cdot ^{\circ}\text{C}$, твёрдого вещества $c = 1000 \text{ Дж/кг} \cdot ^{\circ}\text{C}$. Найдите удельную теплоёмкость вещества c_1 в расплавленном состоянии.</p>	
2	<p>Миниатюрный тигель (печка) для плавки металла имеет электронагреватель постоянной мощности $P_0 = 20 \text{ Вт}$. Нагреватель включают и, после того как его температура практически перестает увеличиваться, в тигель бросают несколько кусочков олова, общая масса которых $m = 50 \text{ г}$. Олово начинает плавиться. График зависимости температуры в тигле от времени представлен на рисунке. Определите удельную теплоту плавления олова.</p>	



3	<p>Цилиндрический медный проводник площадью поперечного сечения $S = 0,1 \text{ см}^2$ подключают к источнику постоянного тока. Температура начинает увеличиваться. Как видно из графика зависимости температуры от времени. Через 10 минут температура проводника стала 90°C. Найдите:</p> <ul style="list-style-type: none"> • за какое время температура проводника достигла бы 90°C, если бы проводник был окружен теплонепроницаемой оболочкой; • силу тока в проводнике. <p>Для меди: удельная теплоемкость $c = 390 \text{ Дж / кгK}$, удельное сопротивление $\rho = 1,75 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{м}$, плотность 8900 кг/м^3.</p>	
---	--	--



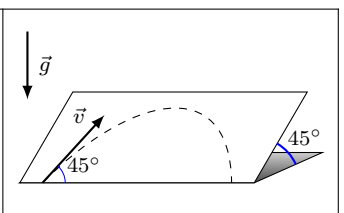
4	<p>Длинная труба обогревает ангар, в результате чего в нём установилась температура $T_0 = 5^\circ\text{C}$. Через трубу поступает каждую секунду 50 кг воды при температуре 80°C, температура вытекающей воды 32°C. Известно, что кусок трубы длины Δl, имея температуру T, отдавал бы каждую секунду в комнату с температурой T_0 теплоту: $P = \alpha \Delta l (T - T_0)$, где $\alpha = 4.2 \text{ кДж/м}^\circ\text{C}$. На рисунке приведён график зависимости температуры трубы от расстояния до её начала, однако масштаб по оси абсцисс стёрся. Какова длина трубы? Удельная теплоёмкость воды $c = 4200 \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$.</p>	
5	<p>В кастрюлю поместили воду и лёд при температуре 0°C и закрыли её крышкой. Массы воды и льда одинаковы. Через 2 ч 40 мин весь лёд растаял.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Через какое время температура воды повысится на 1°C? 2. Какое время потребуется, чтобы вода нагрелась с 20°C до 21°C? <p>Температура воздуха в комнате равна 25°C. Удельная теплоёмкость воды $4200 \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$, удельная теплота плавления льда 320 кДж/кг.</p>	

1. Определение тока. Характеристики тока: сила тока и напряжение. Закон Ома для участка цепи.
2. Резистор и его свойства. Удельное сопротивление. Сопротивление цилиндрического проводника.
3. Источник постоянного напряжения как элемент цепи. Идеальный и неидеальный источник. Представление неидеальной батарейки как комбинации резистора и идеального источника постоянного напряжения.
4. Электроизмерительные приборы. Вольтметр, амперметр. Идеальные и реальные приборы. Способы представления реальных приборов через идеальные и подключенное к ним внутреннее сопротивление.
5. Последовательное и параллельное соединение батареек.
6. Методы упрощения схем: разъединение и присоединение проводов. Использование идеи симметрии при расчете цепей.

ЛИТЕРАТУРА

Перышкин А.В., “Физика”, глава 2, §§32-46, 2013.

1. Путь. Перемещение.
2. Скорость. Мгновенная и средняя скорость.
3. Ускорение. Скорость как площадь под графиком. Знаковая площадь.
4. Движение тела, брошенного под углом к горизонту. Расчет траектории. Нахождение наибольшей высоты и дальности из уравнения траектории и из соображений энергии и импульса.
5. Парабола безопасности. Точки достижимые при фиксированной начальной скорости. Навесная и пологая траектории.
6. Решение задачи:

1	По гладкой наклонной плоскости со скоростью \vec{v} пускают шарик. Какое расстояние по горизонтали он пройдет, прежде чем скатится с плоскости? Плоскость наклонена к горизонту под углом 45° . Начальная скорость шарика образует угол 45° горизонтальным краем плоскости.	
---	---	---

ЛИТЕРАТУРА

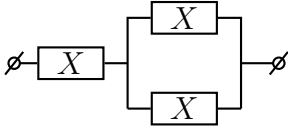
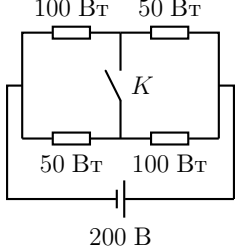
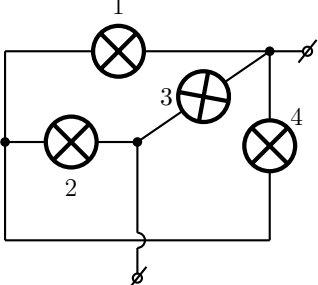
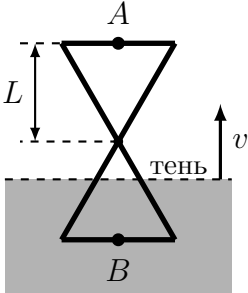
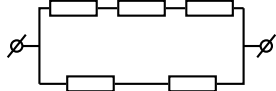
Бутиков Е.И., Кондратьев А.С., “Физика для углубленного изучения”, §§9-10, 1980.

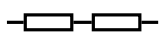
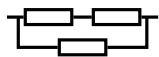

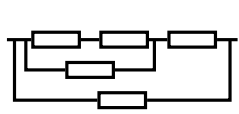
1	В мишень с расстояния 20 м сделано два выстрела при горизонтальной наводке винтовки. Скорость первой пули 100 м/с, а второй — 200 м/с. Определить расстояние между пробоинами в мишени.
2	Миномет установлен на расстоянии 8000 м от вертикального обрыва высотой 105 м. Как близко к основанию обрыва могут «подобраться» мины, если их начальная скорость 300 м/с?
3	С вершины горы горизонтально брошен камень, который упал на расстоянии L от вершины. С какой скоростью бросили камень, если склон горы составляет угол α с горизонтом?
4	Из шланга, лежащего на земле, под углом 45° к горизонту вытекает струя воды и падает на землю на расстоянии 10 м от шланга. Какая масса воды находится на высоте выше 2 м, если сечение выходного отверстия шланга 10 см^2 ?
5	Тело брошено с обрыва со скоростью v_0 под углом α к горизонту. Через какое время направление скорости тела станет перпендикулярным направлению начальной скорости?

1. Первое и второе правила Кирхгофа. Физический смысл.
2. Расчет падения напряжения для резистора и источника ЭДС при разном направлении тока. Алгоритм применения правил Кирхгофа для решения задач.
3. Метод контурных токов. Физический смысл. Алгоритм решения задач. Сравнение с правилами Кирхгофа.
4. Определение потенциала. Физический смысл. Напряжение как разность потенциалов. Метод потенциалов. Алгоритм решения задач с помощью этого метода. Сравнение с ранее изученными методами решения цепей.

ЛИТЕРАТУРА

Петросян В.Г., Долгополова Л.В., Лихицкая И.В., “Методы расчета резисторных схем постоянного тока”, Физика. Первое сентября. №14, №18, №22, 2002.

1	<p>Сопротивление элемента X меняется в зависимости от напряжения на нем. Если напряжение $U < U_0$, то сопротивление равно R, а при $U > U_0$ сопротивление равно $2R$. Из трех элементов X собирают схему, показанную на рисунке. Найдите зависимость тока через схему от напряжения на ней.</p>	
2	<p>К источнику постоянного напряжения 200 В подключена схема из четырех резисторов, как показано на рисунке. На двух резисторах выделяется мощность 50 Вт, на других двух — 100 Вт. Как изменятся эти мощности, если замкнуть ключ K?</p>	
3	<p>Схема, изображенная на рисунке, собрана из одинаковых лампочек и подключена к источнику напряжения. Расположите лампочки в порядке возрастания яркости.</p>	
4	<p>Проволочный каркас, изображенный на рисунке, состоит из фотосопротивлений, проводимость которых зависит от того, как они освещены. Изображенные треугольники равносторонние и одинаковые, величина L известна. В тени сопротивление, приходящееся на единицу длины проволоки, равно λ, а на солнце $\lambda/2$. Тень от Солнца движется со скоростью v как показано на рисунке. Постройте график зависимости сопротивления $R(t)$ между точками A и B каркаса от времени t. В начальный момент времени вся система освещена и граница тени пересекает точку B.</p>	
5	<p>Любознательный школьник разобрал нагревательный прибор. Оказалось, что схема прибора очень проста (см. рисунок). Школьник вынул все резисторы из схемы и обнаружил, что их сопротивления составляют $R_1 = 1$ Ом, $R_2 = 1$ Ом, $R_3 = 2$ Ом, $R_4 = 3$ Ом, $R_5 = 5$ Ом. Но он забыл, какой резистор на каком месте располагается в схеме. Помогите ему собрать прибор по старой схеме таким образом, чтобы его мощность была максимальной. Нагреватель работает от постоянного напряжения.</p>	

6	<p>Юному физику на Новый год подарили паяльник, омметр и целое ведро одинаковых резисторов сопротивлением 1 Ом. В первый день он соединил два резистора последовательно. Во второй день припаял к схеме третий резистор параллельно (см. рис.). На третий день — добавил один резистор последовательно. На четвертый — припаял еще один резистор параллельно. Так он собирал свою схему в течение года, каждый день припаявая поочередно последовательно или параллельно по одному резистору. Каждый день юный физик измерял сопротивление получавшейся схемы омметром и записывал результат измерения в тетрадь. К концу года он обратил внимание, что в последнее время записывает в свою тетрадь два чередующихся значения R_1 и R_2. Определите величины R_1 и R_2.</p>	<p>1. </p> <p>2. </p> <p>3. </p> <p>4. </p> <p>5. ● ● ●</p>
---	---	---

Оборудование «Серый ящик» с пронумерованными выводами, омметр. Внутри «серого ящика» находится четыре резистора с возможными сопротивлениями R_1 и R_2 , количество резисторов одинакового номинала неизвестно.

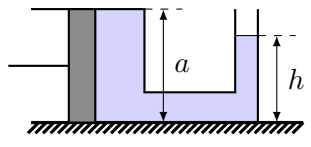
Цель Найти сопротивление резисторов (R_1 и R_2), входящих в черный ящик.

Задача

1. Измерить сопротивление между выходами серого ящика.
2. Определить количество сопротивлений одинакового номинала.
3. Определить значения R_1 и R_2 .

Разбалловка

- методика — 2 балла
- определение количества одинаковых резисторов — 1 балл
- получено R_1 — 1 балл
- получено R_2 — 1 балл Найдена погрешность — 1 балл

1	<p>Плоская льдина, площадью $S = 5 \text{ м}^2$ плавает в воде, выступая над уровнем воды на $H = 2 \text{ см}$. Определите во сколько раз уменьшилась высота выступающей части льдины после того как на нее вошел рыбак массой $M = 75 \text{ кг}$.</p>	
2	<p>В сосуде находятся две несмешивающиеся жидкости с плотностями ρ_1 и ρ_2 и толщинами слоев h_1 и h_2 соответственно. С поверхности жидкости в сосуд опускают маленькое обтекаемое тело, которое достигает дна как раз в тот момент, когда его скорость становится равной нулю. Какова плотность материала, из которого сделано тело?</p>	
3	<p>В углу аквариума находится клин массой M с углом при вершине α, который может скользить вдоль вертикальной стенки. Какой максимальный уровень воды установится в аквариуме, если коэффициент трения клина о вертикальную стенку μ? Ширина клина l, плотность жидкости ρ.</p>	
4	<p>В дне сосуда имеется круглое отверстие радиуса r, на которое положен цилиндрический брусок радиуса R и толщины d. До какой высоты h над верхней гранью бруска следует налить воду в сосуд, чтобы брусок не всплывал?</p>	
5	<p>На дне сосуда лежит шарик с радиусом $R = 10 \text{ см}$, изготовленный из некоторого вещества с неизвестной плотностью ρ_0. В сосуд наливают жидкость с плотностью $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$ до уровня равного радиусу шарика. Затем в сосуд наливают жидкость с плотностью $\rho_2 = 800 \text{ кг/м}^3$ так, чтобы жидкости не смешивались и граница не перемещалась. Оказалось, что после того, как шарик скрылся под поверхностью жидкости, давление его на дно сосуда обратилось в нуль.</p>	
6	<p>Перевернутая кастрюля массой m и радиусом R стоит на гладком резиновом коврике, плотно прилегая к нему краями. В дне кастрюли имеется круглое отверстие радиусом r, в которое плотно вставлена легкая вертикальная трубка. В кастрюлю через трубку наливают воду. При какой длине h столба воды в трубке вода начнет вытекать из-под кастрюли?</p>	
7	<p>Труба, сечение которой является квадратом со стороной $a = 20 \text{ см}$, закрыта поршнем. К трубе присоединена трубка. Часть трубы, находящаяся справа от поршня, полностью заполнена водой, уровень воды в трубке равен $h = 15 \text{ см}$. Силу какой величины и направления надо прикладывать к поршню, чтобы удерживать его в равновесии? Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Трение отсутствует.</p>	

Список задач:

Энергия	Давление	Архимед	Кинематика	Теплота
667 (Л)	498 (Л)	639 (Л)	1.91 (Т)	1007 (Л)
689 (Л)	574 (Л)	8.98 (Т)	1.109 (Т)	1027 (Л)
717 (Л)	581 (Л)	8.114 (Т)	1.101 (Т)	1088 (Л)
683 (Л)	532 (Л)	8.123 (Т)	1.71 (Т)	1118 (Л)
670 (Л)	8.5 (Т)	641 (Л)	1.30 (Т)	1010 (Л)
690 (Л)	8.43 (Т)	8.99 (Т)	1.96 (Т)	1030 (Л)
720 (Л)	8.27 (Т)	8.116 (Т)	1.72 (Т)	1089 (Л)
868 (Л)	8.67 (Т)	8.138 (Т)	1.115 (Т)	1119 (Л)
673 (Л)	522 (Л)	646 (Л)	1.100 (Т)	1019 (Л)
707 (Л)	580 (Л)	8.101 (Т)	1.120 (Т)	1031 (Л)
722 (Л)	528 (Л)	8.121 (Т)	1.29 (Т)	1094 (Л)
688 (Л)	499 (Л)	8.145 (Т)	1.75 (Т)	1120 (Л)
676 (Л)	8.42 (Т)	643 (Л)	1.103 (Т)	1022 (Л)
710 (Л)	8.79 (Т)	8.107 (Т)	1.37 (Т)	1051 (Л)
727 (Л)	8.66 (Т)	8.125 (Т)	1.114 (Т)	1095 (Л)
691 (Л)	8.84 (Т)	8.137 (Т)	165 (Л)	1121 (Л)
679 (Л)	544 (Л)	657 (Л)	1.106 (Т)	1025 (Л)
713 (Л)	8.4 (Т)	8.108 (Т)	1.73 (Т)	1083 (Л)
725 (Л)	8.59 (Т)	8.126 (Т)	1.69 (Т)	1115 (Л)
695 (Л)	8.85 (Т)	8.141 (Т)	165 (Л)	1125 (Л)

Л — Лукашик, Т — Турчин.

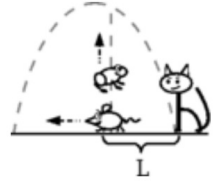
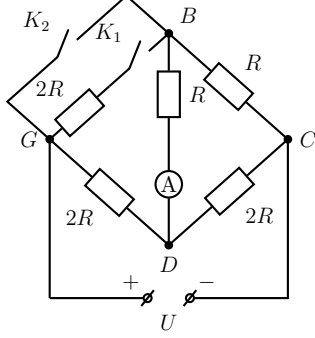
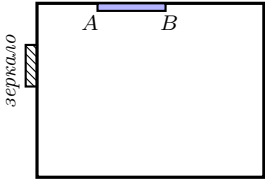
Список команд:

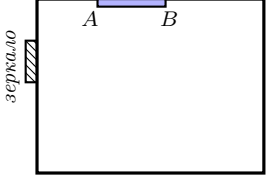
Ваня Д.	Никита	Даня
Дорофеев (к) Мотыльков Никка Тагиев	Кондрашов (к) Левдик Заварин Субботин	Мошников (к) Хейнолайнен Лупуляк Мальшева

Максим	Степа	Ваня У.
Шевверев (к) Колбенков Цедилин Никитюк	Филиппов (к) Усачев Павлов Селин	Усс (к) Григорьева Кислицын

Результаты:

	Ваня Д.	Никита	Даня	Ваня У.	Степа	Максим
Ваня Д.		2:0	1:1	1:1	2:0	1:3
Никита	0:2		0:2	0:3	0:1	1:0
Даня	1:1	2:0		2:0	2:0	1:1
Ваня У.	1:1	3:0	0:2		1:0	1:2
Степа	0:2	1:0	0:2	0:1		0:1
Максим	3:1	0:1	1:1	2:1	1:0	

<p>1</p>	<p>На расстоянии $L = 2$ м от кошки сидели мышка и лягушка. Кошка прыгнула так, чтобы поймать их за раз, в этот момент мышь начала убегать, двигаясь по прямой с постоянной скоростью, а лягушка подпрыгнула вертикально с начальной скоростью $U = 4$ м/с. Кошка поймала лягушку на лету, а мышку — при приземлении. Известно, что мышь была поймана через 0.8 с после старта. Модуль начальной скорости кошки равен 5 м/с. Найдите скорость мышки и синус угла под которым прыгнула кошка. Ускорение свободного падения считать равным $g = 10$ м/с².</p>	
<p>2</p>	<p>На рисунке изображена цепь, содержащая идеальный амперметр A, резисторы сопротивлением R и $2R$, ключи K_1 и K_2. Цепь подключена к источнику постоянного напряжения U. Какую силу тока будет показывать амперметр при различных комбинациях ключей K_1 и K_2 (замкнуто — разомкнуто)? Какими будут направления тока на участке BD в различных случаях? В каком случае показания амперметра окажутся максимальными?</p>	
<p>3</p>	<p>Шарик отпускают с высоты H над уровнем земли. Сколько раз он побывает на высоте $H/3$, если после каждого удара о землю теряется 20% энергии.</p>	
<p>4</p>	<p>Тело массы m движется по окружности со скоростью v. Найдите модуль изменения импульса за $1/4$ периода.</p>	
<p>5</p>	<p>В каких точках комнаты должен находиться человек, чтобы он мог видеть в зеркале весь экран телевизора AB (см. рисунок)? Дайте графическое решение.</p>	

1	Какой минимальный путь за время t может пройти тело, движущееся с постоянным ускорением a .	
2	<p>В люстре 6 одинаковых лампочек. Она управляется двумя выключателями, имеющими два положения — “включено” и “выключено”. От коробки с выключателями к люстре идут три провода. Лампочки в люстре либо:</p> <ul style="list-style-type: none"> • все не горят; • все горят не в полный накал; • три лампочки не горят, а три горят в полный накал. <p>Нарисуйте возможные схемы электрической цепи.</p>	
3	Шарик отпускают с высоты H над уровнем земли. Сколько раз он побывает на высоте $H/3$, если после каждого удара о землю теряется 20% энергии.	
4	Тело массы m движется по окружности со скоростью v . Найдите модуль изменения импульса за $1/4$ периода.	
5	<p>В каких точках комнаты должен находиться человек, чтобы он мог видеть в зеркале весь экран телевизора AB (см. рисунок)? Дайте графическое решение.</p>	 <p>The diagram shows a rectangular room. On the left vertical wall, there is a mirror labeled "зеркало". On the top horizontal wall, there is a television screen labeled "A" and "B".</p>

Оборудование: листок бумаги.

Цель: найти значение числа π .

Методика: Круг с единичным радиусом вписан в квадрат со стороной в два радиуса. Формируем координаты случайной точки: бросаем клочок бумаги. Если клочок не попадает в квадрат, то бросок выбрасывается. В противном случае точка может попасть в окружность или нет. Подсчитываем количество попаданий N_p при достаточно большом числе бросков N . Если броски независимы, то отношение попавших точек к общему числу попыток стремится к отношению площадей круга и квадрата. $\frac{N_p}{N} \rightarrow \frac{S_{\text{круга}}}{S_{\text{квадрата}}} = \frac{\pi}{4}$.

Разбалловка:

- методика — 2 балла;
- проведение достаточного количества бросков (~ 50) — 1 балл;
- ответ — 1 балл.