

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

(всего 10)

Семинар 1.

Кинематика и динамика.

1. Скорость тела меняется со временем по закону $v=2-t$. Определить характер движения тела, зависимость координаты и пройденного пути от времени и найти точку поворота. Начальная координата $x_0 = 6$.
2. Камень брошен вертикально вверх с начальной скоростью 10м/с. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Найти максимальную высоту камня, а также время подъема и общее время полета.
3. Почему барон Мюнхгаузен врал, утверждая, что вытащил себя с конем из болота за волосы? А если он все-таки не врал (он, как всем известно, исключительно правдив!), какие законы классической механики он нарушил?
4. Найти тормозной путь автомобиля, движущегося со скоростью 36км/ч, если коэффициент трения шин о дорогу равен 0,4.
5. Спутники связи должны все время «висеть» над определенной точкой земной поверхности. На какой высоте над поверхностью Земли должен вращаться такой спутник? Уменьшением ускорения свободного падения с высотой пренебречь.

Семинар 2.

Работа, энергия и к.п.д. Законы сохранения в механике.

1. Какую работу совершает двигатель подъемного крана, поднимая груз массой m на высоту h а) равномерно на малой скорости б) с ускорением a . К. п. д. двигателя η .

2. Один из самых древних примитивных механизмов – наклонная плоскость; ее использовали еще в древнем Египте при строительстве пирамид. Оценить ее к.п.д., если угол ее наклона α , а коэффициент трения μ .
3. В замечательном детском романе «Незнайка на Луне» описан такой случай. Полицейский, находясь в состоянии невесомости, выстрелил из ружья и за счет отдачи совершил полный оборот вокруг Луны (там происходит действие). Даже если пренебречь сопротивлением воздуха и прочими мелочами, возможно ли это?
4. Пусть отношение масс движущегося и неподвижного шарика равно k . Какую долю импульса и энергии передает один шарик другому при а) неупругом б) упругом столкновении.
5. С какой скоростью должна лететь свинцовая пуля, чтобы при ударе о стенку расплавиться? Температура пули T_0 , температура плавления свинца $T_{пл}$, удельная теплоемкость свинца c , удельная теплота плавления λ . Считать, что вся кинетическая энергия пули переходит во внутреннюю.

Семинар 3.

Молекулярная физика и термодинамика.

1. Оценить число молекул в комнате размерами $10 \times 6 \times 3$ при нормальных условиях (давление 10^5 Па, $t^\circ = 0^\circ\text{C}$). Какой длины получилась бы цепочка, если бы эти молекулы выстроились в линию? Характерная длина молекулы 10^{-8} см.
2. На сколько процентов дневная плотность воздуха (температура 17°C) отличается от ночной (7°C). Считать, что давление воздуха не меняется. Изменился бы результат, если бы воздух был одноатомным газом?
3. Как Вы полагаете, броуновское движение – макроскопическое или микроскопическое явление? Отличается ли оно принципиально от движения человека, продвигающегося сквозь шевелящуюся толпу?
4. Газ в сосуде под свободно движущимся поршнем, получив 700Дж тепла, совершил работу 200Дж . Сколько атомов содержат молекулы такого газа? Какую бы работу совершил этот газ, если тепло к нему подводили бесконечно медленно?

5. Температура нагревателя теплового двигателя $t_1^\circ = 217^\circ\text{C}$, холодильника - $t_2^\circ = 17^\circ\text{C}$. Может ли такой двигатель превратить в работу половину подводимой к нему теплоты?

Семинар 4.

Электростатика.

1. Один металлический шарик заряжен до 10мккл, второй такой же – до 2мккл. Как измениться сила их взаимодействия, если шарики соединить проводником, не меняя расстояния.
2. Заряды $2q$ и $-q$ находятся на расстоянии a друг от друга. Где находится точка равновесия в такой системе? Что можно сказать о напряженности и потенциале в этой точке поля?
3. Представьте себе плоский Мир, Мир с двумя измерениями, Мир, где есть только длина и ширина, а высоты нет. Как выглядел бы закон Кулона в таком Мире?
4. Пусть положительный заряд q находится в центре треугольника со стороной a , составленного тремя зарядами $2q$. Центральный заряд в результате легкого толчка улетает очень далеко от треугольника зарядов. Найти его скорость там, если масса этого заряда m .
5. Расстояние между пластинами плоского конденсатора увеличивают вдвое. Как изменится при этом заряд и энергия конденсатора, если он а) отключен от источника б) подключен к источнику.

Семинар 5.

Постоянный ток. Магнетизм.

1. Найти сопротивление проволочного а) треугольника б) тетраэдра между любыми двумя вершинами. Сопротивление каждого ребра r .
2. Два одинаковых последовательно соединенных кипятильника, погруженных в ведро с водой, доводят его до кипения за 20 мин. За сколько времени вскипятят это же ведро те же кипятильники, соединенные параллельно?

3. Незнайка и Пончик дежурят по кухне. Газ, как это иногда бывает в Цветочном городе, отключили, а им надо вскипятить большую кастрюлю с водой, чтобы сварить на всех кашу. К счастью, Винтик и Шпунтик наделали много разных кипятильников. «Надо взять кипятильник побольше» - говорит Незнайка. «По закону Джоуля – Ленца тепловая мощность кипятильника $P=I^2 R$, так что сопротивление кипятильника должно быть большим!». «Нет» - возражает Пончик. «По закону Джоуля – Ленца тепловая мощность кипятильника $P=U^2/R$, поэтому кипятильник должен быть поменьше». Кто прав?
4. Какова должна быть индукция бокового магнитного поля, чтобы провод линии электропередачи совсем не прогибался, не давил на опоры, а свободно парил в воздухе? Сила тока в проводе I , плотность материала провода ρ , площадь его сечения S .
5. Северные сияния образуются так: поток протонов, летящий от Солнца (так называемый солнечный ветер), сталкивается с магнитосферой Земли, и протоны, «накручиваясь» на силовые линии, движутся по винтовой линии к полюсам. Там они, концентрируясь, как щепки в водовороте, сталкиваются с молекулами воздуха и возбуждают их, и молекулы сбрасывают излишки энергии, испуская фотоны. Найти радиус этой винтовой линии, если шаг ее h , а угол между вектором скорости и линией индукции 30° .

Семинар 6.

Механические колебания. Упругие волны.

1. Найти частоту собственных колебаний грузовика, если его масса m , а жесткость каждой рессоры k . Как изменится эта частота, если масса нагруженного грузовика увеличится вдвое.
2. К чему приведет сложение двух параллельных колебаний $x_1(t) = 3 \sin(\pi t)$ и $x_2(t) = 4 \sin(\pi t + \varphi)$ при $\varphi = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$.
3. Колебательное движение абсолютно универсально. Так или иначе, колеблются все природные системы – от элементарных частиц до метagalactic. Как Вы полагаете, почему колебательное движение – самое распространенное в природе.
4. Уравнение колебаний источника звука в упругой среде $\xi(0, t) = 2 \sin(4t)$. Написать уравнение распространяющейся от него в положительном направлении плоской упругой волны, если скорость звука в этой среде $v = 8$.

5. Человек стоит точно на середине линии, соединяющей два микрофона, и слышит очень громкий однотонный звук. Но сделав маленький шагок вправо, всего на 30см, он почти перестает его слышать. Найти длину волны этого звука. Изменится ли что-нибудь, если он шагнет влево?

Семинар 7.

Электромагнитные колебания и волны.

1. Ток в колебательном контуре меняется по закону $I(t) = 5 \cos(500t)$. По какому закону меняется со временем заряд конденсатора и энергия магнитного поля контура, если емкость конденсатора $C=1\text{мкФ}$.
2. Амплитуда затухающих колебаний в контуре за 1мс уменьшилась в 3 раза. Во сколько раз она уменьшится за 3мс?
3. Студент Глюк неважно разбирается в электромагнитных полях, но хорошо знает механику. Поэтому он решает задачи на электромагнитные колебания, пользуясь электромеханическими аналогиями. «Например» - рассуждает он – «формула для энергии магнитного поля $W_m = LI^2/2$ аналогична формуле кинетической энергии $E_k = mv^2/2$, т.к. ток похож на скорость (движение зарядов), а индуктивность аналогична массе – “тормозит”. Поэтому, если вдвое увеличить индуктивность, энергия тоже вырастет вдвое, а частота $\sqrt{2}$ уменьшится, т.к. в механике $\omega = \sqrt{k/m}$ ». И еще «Энергия электрического поля $W_m = CU^2/2$ – это как потенциальная энергия пружинки $E_k = kx^2/2$, так что емкость аналогична жесткости пружинки. Поэтому увеличение ее вдвое тоже вдвое увеличит энергию и в $\sqrt{2}$ частоту». Во всем ли он прав?
4. Оценить процент потерь в цепи переменного тока, если активное сопротивление $R = 48\text{Ом}$, индуктивное $X_L = 29\text{Ом}$, а емкостное $X_C = 30\text{Ом}$. Отстает или опережает по фазе ток в этой цепи внешнее напряжение?
5. Во сколько раз надо увеличить мощность радиопередатчика, чтобы передать на то же самое расстояние монохроматический сигнал вдвое большей частоты? Почему с упругими волнами ситуация совершенно иная?

Семинар 8.

Оптика.

1. Кажущаяся глубина водоема всегда меньше истинной. Почему и во сколько раз, если коэффициент преломления воды $n \simeq 4/3$.
2. Определить коэффициент увеличения собирающей линзы с фокусным расстоянием F , дающей четкое изображение предмета на расстоянии d от линзы. Рассмотреть случаи действительного и мнимого изображения.
3. Почему Солнце на закате кажется красным? Как Вы думаете, наблюдается ли этот эффект на Марсе, атмосфера которого в 160 раз разреженнее земной и почти полностью состоит из углекислого газа?
4. Длина волны равна 0,6 мкм. При какой, например, разности хода в случае двухлучевой интерференции наблюдается интерференционный а) минимум; б) максимум.
5. Первый дифракционный максимум для монохроматического света, падающего на дифракционную решетку, наблюдается под углом 3° . Под каким углом будет наблюдаться третий максимум.

Семинар 9.

Квантовая механика.

1. Фотон с энергией $E=4\text{Эв}$ выбивает из фотоэлемента электрон с энергией 1Эв . Найти энергию электрона, выбитого падающим фотоном с энергией $E=8\text{Эв}$.
2. Оценить из принципа неопределенности энергию электрона в основном состоянии в атоме водорода, зная примерно размер атома $\sim 10^{-10}\text{м}$, постоянную Планка $\hbar \sim 10^{-34}\text{Дж}$ и массу электрона $m \sim 10^{-30}\text{кг}$.
3. Как Вы полагаете, до какого момента систему можно считать классической?. Например, молекулу углекислого газа CO_2 в молекулярной физике рассматривают как классическую частицу с 6 степенями свободы, а при описании работы лазера на углекислом газе – как квантовую систему со своим набором энергетических уровней. Где эта грань?

4. Найти энергию фотона, излучаемого боровским атомом водорода при переходе с третьего на второй уровень (первая спектральная линия серии Бальмера). Первый боровский уровень $\sim 13,6$ эВ.
5. В реальном атоме водорода состояние электрона задается не одним, как в модели Нильса Бора а четырьмя квантовыми числами. Сколько возможных состояний у электрона на втором энергетическом уровне. Перечислите их, указав квантовые числа.

Семинар 10.

Ядерная физика.

1. Какие из перечисленных ядер являются изотопами и какие – изобарами: ${}_1^1\text{H}$, ${}_1^2\text{H}$, ${}_1^3\text{H}$, ${}_2^3\text{He}$, ${}_2^4\text{He}$.
2. Почему легким ядрам энергетически выгодно сливаться в более тяжелые, а, наоборот, очень тяжелым выгодно распадаться на более легкие осколки. Какие именно особенности ядерных сил это обуславливают?
3. Свободный нейтрон распадается примерно в среднем за 12 минут, а нейтрон в составе стабильного ядра живет неограниченно долго. Как Вы полагаете, почему? И есть ли вообще в ядре именно нейтроны?!
4. За трое суток распалось ? первоначального количества радиоактивного изотопа. За сколько суток распадется $63/64$ исходного количества ядер? Каков период полураспада этого изотопа?
5. В ядерной бомбе происходит реакция ${}_1^2\text{H} + {}_1^3\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1\text{n}$. Найти энергетический выход этой реакции, если массы изотопов (в атомных единицах массы) соответственно 2,01410; 3,01605; 4,00260; 1,00867; а энергетический эквивалент массы 931,5 МэВ/а.е.м.