

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ**

ИНСТИТУТ ХОЛОДА И БИОТЕХНОЛОГИЙ



В.А. Самолетов

ФИЗИКА

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № С2

Учебно-методическое пособие

ЗАДАЧИ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ № С2

Сложение колебаний

201. Складываются два колебания одинакового направления: $x_1 = A_1 \sin(\omega_1 t)$ и $x_2 = A_2 \sin[\omega_2(t + \tau)]$, где $A_1 = 30,0$ мм, $A_2 = 40,0$ мм, $\omega_1 = \omega_2 = \pi \text{ с}^{-1}$, $\tau = 600$ мс. В выбранном масштабе произвести сложение указанных колебаний методом векторных диаграмм в момент времени $t = 0$. Определить амплитуду A и начальную фазу φ_0 результирующего колебания. Написать уравнение результирующего колебания с числовыми коэффициентами.

202. Складываются два колебания одинакового направления: $x_1 = A_1 \cos(\omega_1 t)$ и $x_2 = A_2 \cos[\omega_2(t + \tau)]$, где $A_1 = 30,0$ мм, $A_2 = 40,0$ мм, $\omega_1 = \omega_2 = \pi \text{ с}^{-1}$, $\tau = 400$ мс. В выбранном масштабе произвести сложение указанных колебаний методом векторных диаграмм в момент времени $t = 0$. Определить амплитуду A и начальную фазу φ_0 результирующего колебания. Написать уравнение результирующего колебания с числовыми коэффициентами.

203. Точка одновременно участвует в двух гармонических колебаниях одного направления с одинаковыми периодами $T_1 = T_2 = 1,50$ с и амплитудами $A_1 = 30,0$ мм, $A_2 = 40,0$ мм. Начальная фаза колебаний $\varphi_{01} = \pi/2$ и $\varphi_{02} = \pi/3$. В выбранном масштабе произвести сложение указанных колебаний методом векторных диаграмм в момент времени $t = 0$. Определить амплитуду A и начальную фазу φ_0 результирующего колебания. Написать уравнение результирующего колебания с числовыми коэффициентами.

204. Разложить гармоническое колебание, совершаемое по закону $x = 100 \cos(628t + 0,2\pi)$ мм, на два одинаково направленных гармонических колебания той же частоты так, чтобы начальные фазы этих колебаний были равны: $\varphi_{01} = 0,1\pi$ и $\varphi_{02} = 0,5\pi$ соответственно.

205. Два одинаково направленных гармонических колебания одинаковой частоты с амплитудами $A_1 = 30,0$ мм и $A_2 = 50,0$ мм складываются в одно гармоническое колебание с амплитудой $A = 70,0$ мм. Найти разность фаз $\Delta\varphi$ складываемых колебаний.

212. Определить логарифмический декремент колебаний Λ математического маятника длиной $\ell = 500$ мм, если за время колебаний $t = 400$ с он теряет 80 % своей первоначальной энергии.

213. Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью $C = 10,0$ мкФ, катушки индуктивностью $L = 10,0$ мГн и резистора с сопротивлением $R = 20,0$ Ом. Определить период T , циклическую частоту затухающих колебаний ω , логарифмический декремент Λ колебаний контура.

214. Математический маятник длиной $\ell = 500$ мм, выведенный из положения равновесия, отклонился от него при первом колебании на $x_1 = 50,0$ мм, а при втором (в ту же сторону) – на $x_2 = 40,0$ мм. Определить логарифмический декремент колебаний Λ и время релаксации τ (время убывания амплитуды в e раз).

215. Камертон колеблется с частотой $\nu = 100$ Гц. Логарифмический декремент колебаний $\Lambda = 2,00 \cdot 10^{-3}$. Через какой промежуток времени Δt амплитуда колебаний уменьшится в $n = 100$ раз?

216. Логарифмический декремент колебаний маятника $\Lambda = 20,0 \cdot 10^{-3}$. Во сколько раз уменьшится амплитуда после совершения маятником $N = 50$ полных колебаний?

217. Через время $\Delta t_1 = 10,0$ с амплитуда колебаний маятника уменьшилась в $n_1 = 3$ раза. Через какое время Δt_2 она уменьшится в $n_2 = 10$ раз по сравнению с первоначальной?

218. Амплитуда затухающих колебаний убывает за время совершения $N = 10$ колебаний на $1/10$ часть своей первоначальной величины. Период колебаний $T = 400$ мс. Определить коэффициент затухания δ и логарифмический декремент колебаний Λ .

219. Определить, во сколько раз уменьшится энергия математического маятника длиной $\ell = 300$ мм за время $\Delta t = 180$ с, если логарифмический декремент затухающих колебаний, совершаемых маятником, $\Lambda = 5,00 \cdot 10^{-3}$.

220. Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью $C = 2,00$ мкФ, катушки индуктивностью $L = 100$ мГн и резистора с сопротивлением $R = 10,0$ Ом. Определить логарифмический декремент колебаний Λ контура.

$v = 1000$ Гц. Чему равна максимальная колебательная скорость частиц среды $\left(\frac{dy}{dt}\right)_{\max}$, если амплитуда колебаний $A = 2,00$ мкм?

227. Волны в упругой среде распространяются со скоростью $v = 1,50$ км/с. Амплитуда колебаний $A = 2,00$ мкм, период колебаний $T = 1,00$ мс. Чему равно смещение точки, находящейся на расстоянии $5,00$ м от источника колебаний, через $4,00$ мс после начала колебаний?

228. В воздухе распространяется плоская звуковая волна $y = A \sin(\omega t - kx)$. Частота звука $\nu = 1000$ Гц, амплитуда колебаний частиц среды $A = 8,00$ мкм, волновое число $k = 18,5$ м⁻¹. Определить длину волны и ее скорость.

229. В металлическом стержне распространяется плоская звуковая волна $y = A \sin(6280t - 1,57x)$, где y , A – в сантиметрах, x – в метрах, t – в секундах. Определить скорость звука в этом металле и частоту колебаний источника.

230. В вакууме распространяется электромагнитная волна $\vec{E} = \vec{E}_0 \sin(\omega t - kr)$. Длина волны $\lambda = 550$ нм. Найти частоту колебаний источника и волновое число.

Теплоемкость

231. Удельная теплоёмкость при постоянном давлении некоторого газа $c_{удр} = 970$ Дж/(кг·К), его молярная масса $\mu = 30,0$ г/моль. Определить, каким числом степеней свободы обладают молекулы этого газа.

232. Вычислить удельные теплоёмкости при постоянном давлении $c_{удр}$ и постоянном объёме $c_{удV}$ газа, зная, что его молярная масса $\mu = 40,0$ г/моль, а коэффициент Пуассона $\gamma = 1,67$.

233. Плотность некоторого газа при нормальных условиях $\rho = 1,25$ кг/м³. Коэффициент Пуассона $\gamma = 1,40$. Определить удельные теплоёмкости $c_{удр}$ и $c_{удV}$ этого газа.

234. Определить коэффициент Пуассона $\gamma_{см}$ для газовой смеси, состоящей из водорода (H_2) массой $m_1 = 4,00$ г и аммиака (NH_3) массой $m_2 = 8,50$ г.

235. Коэффициент Пуассона смеси $\gamma_{см} = 1,35$. Смесь состоит из нескольких ν_1 молей азота (N_2) и $\nu_2 = 5,00$ моль аммиака (NH_3). Определить ν_1 — число молей азота в смеси.

236. Найти удельные теплоёмкости $c_{удр}$ и $c_{удV}$ и молярные теплоёмкости $C_{μр}$ и $C_{μV}$ кислорода (O_2). Колебательные степени свободы не учитывать.

237. Трехатомный газ под давлением $p = 240$ кПа при температуре $t = 50$ °С занимает объём $V = 15,0$ л. Определить теплоёмкость всей массы этого газа при постоянном давлении. Колебательные степени свободы не учитывать.

238. Одноатомный газ при нормальных условиях занимает объём $V = 10,0$ л. Вычислить теплоёмкость C_V всей массы газа при постоянном объёме. Колебательные степени свободы не учитывать.

239. Определить молярную массу μ двухатомного газа и его удельные теплоёмкости, если известно, что разность удельных теплоёмкостей этого газа $c_{удр} - c_{удV} = 260$ Дж/(кг·К). Колебательные степени свободы не учитывать.

240. Найти удельные $c_{удр}$ и $c_{удV}$, а также молярные $C_{μр}$ и $C_{μV}$ теплоёмкости азота (N_2). Колебательные степени свободы не учитывать.

Циклы тепловых машин

241. Идеальный двухатомный газ, содержащий количество вещества $\nu = 1,00$ моль, совершает прямой цикл, состоящий из двух изобар и двух изохор. Наименьший объём $V_{\min} = 10,0$ л, наибольший $V_{\max} = 20,0$ л, наименьшее давление $p_{\min} = 246$ кПа, наибольшее $p_{\max} = 404$ кПа. Построить график цикла в координатах p, V . Определить температуру T газа для характерных точек цикла, его термический КПД η , а также изменение энтропии ΔS на участке изобарного расширения.

242. Идеальный двухатомный газ в количестве $\nu = 1,00$ моль находится под давлением $p_1 = 100$ кПа при температуре $T_1 = 300$ К. Вначале газ изохорно нагревают до давления $p_2 = 200$ кПа. После

этого газ изотермически расширился до начального давления и затем изобарно был сжат до начального объема V_1 . Построить график цикла в координатах p, V . Определить температуру T газа для характерных точек цикла, его термический КПД η , а также изменение энтропии ΔS на участке изотермического расширения.

243. Идеальный многоатомный газ, содержащий количество вещества $\nu = 2,00$ моль, совершает прямой цикл, состоящий из трех изопроцессов. Начальная температура газа $T_1 = 280$ К, начальное давление $p_1 = 100$ кПа. Вначале изохорно давление газа увеличивают до $p_2 = 300$ кПа, а затем газ адиабатно расширяют до первоначального давления, после чего изобарно объем доводят до первоначального. Построить график цикла в координатах p, V . Определить температуру T для характерных точек цикла, его термический КПД η , а также изменение энтропии ΔS на участке изохорного нагревания.

244. Идеальный двухатомный газ совершает прямой цикл, состоящий из изохоры, изобары, изотермы и изобары. Начальные параметры состояния: $T_1 = 350$ К, $p_1 = 300$ кПа, $V_1 = 15,0$ л. При изохорном нагревании давление поднимается до $p_2 = 400$ кПа, а при изобарном расширении объем увеличивается в 2 раза. Построить график цикла в координатах p, V . Определить температуры T газа для характерных точек цикла, его термический КПД η , а также изменение энтропии ΔS на участке изотермического расширения.

245. Идеальный одноатомный газ, содержащий количество вещества $\nu = 0,100$ моль, совершает прямой цикл, состоящий из изохоры, изобары, адиабаты и изобары. В начальном состоянии температура газа $T_1 = 250$ К, давление $p_1 = 150$ кПа. Температуру газа увеличивают изохорно на $\Delta T_1 = 100$ К, затем увеличивают изобарно еще на $T_2 = 100$ К. После этого газ адиабатно расширяют до начального давления и изобарно возвращают в исходное состояние. Построить график цикла в координатах p, V . Определить температуру T газа для характерных точек цикла, его термический КПД η , а также изменение энтропии ΔS на участке изобарного сжатия.

246. Кислород (O_2) в количестве 16,0 г совершает прямой цикл, состоящий из изотермы, изобары и адиабаты. В начальном состоянии газ занимает объем $V_1 = 10,0$ л при давлении $p_1 = 120$ кПа.

мы. В начальном состоянии газ занимает объём $V_1 = 10,0$ л при давлении $p_1 = 100$ кПа. При постоянном давлении объём газа увеличивается в $n = 3$ раза, и путем адиабатного расширения его температура уменьшается до первоначальной, затем изотермическим сжатием газ возвращается в первоначальное состояние. Построить график цикла в координатах p, V . Определить температуру T газа для характерных точек цикла, его термический КПД η , а также изменение энтропии ΔS на участке изобарного нагревания.

Внешний фотоэффект. Эффект Комптона. Давление световых лучей

251. Фотон с длиной волны $\lambda = 5,00$ нм рассеялся на свободном электроне под углом $\theta = 60,0^\circ$. Определить, какую долю первоначальной энергии при этом теряет фотон.

252. Определить энергетическую освещённость I зеркальной поверхности, если давление, производимое излучением, $p = 40,0$ мкПа. Излучение падает нормально к поверхности. Произвести тот же расчёт для абсолютно чёрной поверхности.

253. Красная граница фотоэффекта для цинка $\lambda_0 = 293$ нм. Определить максимальную кинетическую энергию $E_{\max}^{\text{кин}}$ фотоэлектронов в электрон-вольтах, если на цинк падает свет с длиной волны $\lambda = 200$ нм.

254. Фотон с длиной волны $\lambda = 5,00$ нм рассеивается электронами, которые можно считать практически свободными. Определить максимальную длину волны λ_{\max} рентгеновского излучения в рассеянном пучке.

255. На поверхность металла падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 100$ нм. Красная граница фотоэффекта $\lambda_0 = 300$ нм. Какая доля энергии фотона расходуется на сообщение электрону кинетической энергии?

256. Определить коэффициент отражения ρ поверхности, если при энергетической освещённости $I = 120$ Вт/м² давление p света на нее оказалось равным 500 нПа. Свет падает на поверхность нормально.

максимум спектральной плотности энергетической светимости приходится на длину волны $\lambda_0 = 2,00$ мкм.

266. Оценить температуру поверхности Солнца, если максимум спектральной плотности энергетической светимости его излучения приходится на зелёную область видимого диапазона спектра с длиной волны $\lambda = 550$ нм. Считать, что Солнце излучает как абсолютно чёрное тело.

267. Оценить температуру поверхности звезды, если максимум спектральной плотности энергетической светимости ее излучения приходится на фиолетовую область видимого диапазона спектра с длиной волны $\lambda = 410$ нм. Считать, что звезда излучает как абсолютно чёрное тело.

268. Температура абсолютно чёрного тела изменилась при нагревании от $t_1 = 1330^\circ\text{C}$ до $t_2 = 1730^\circ\text{C}$. На сколько изменилась при этом длина волны $\Delta\lambda_0$, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости?

269. Определить температуру в печи, если из маленького отверстия в её дверце излучается за время 1 с энергия $Q_e = 27,5$ Дж. Площадь отверстия $S = 1,44$ см². Считать, что печь излучает как абсолютно чёрное тело.

270. При увеличении температуры T абсолютно чёрного тела в $n = 2$ раза длина волны λ_0 , на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости $(r_{\lambda T}^0)_{\max}$, уменьшилась на $\Delta\lambda_0 = 400$ нм. Определить начальную T_1 и конечную T_2 температуру.