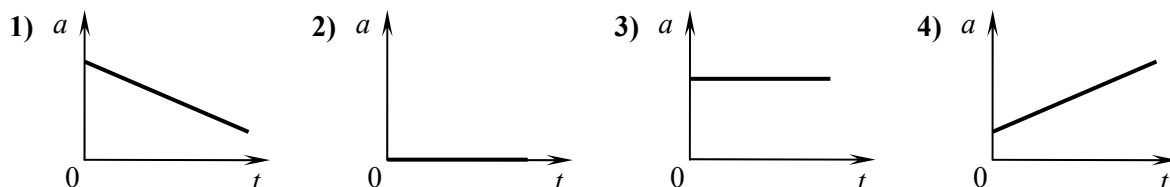


Единый государственный экзамен по физике, 2003 год демонстрационная версия

Часть А

А1. На рисунках изображены графики зависимости модуля ускорения от времени движения. Какой из графиков соответствует равномерному прямолинейному движению?



Решение. При равномерном прямолинейном движении ускорение равно нулю.

Правильный ответ: 2.

А2. Ракетный двигатель первой отечественной экспериментальной ракеты на жидком топливе имел силу тяги 660 Н. Стартовая масса ракеты была равна 30 кг. Какое ускорение приобретала ракета во время старта?

- 1) 12 м/с^2 2) 32 м/с^2 3) 10 м/с^2 4) 22 м/с^2

Решение. На ракету действуют две силы: сила тяжести (mg), направленная вниз, и сила тяги (F), направленная вверх. По второму закону Ньютона:

$$a = (F - mg) / m = F / m - g = 660 \text{ Н} / 30 \text{ кг} - 10 \text{ м/с}^2 = 12 \text{ м/с}^2 .$$

Правильный ответ: 1.

А3. При увеличении в 3 раза расстояния между центрами шарообразных тел сила гравитационного притяжения

- 1) увеличивается в 3 раза 2) уменьшается в 3 раза
3) увеличивается в 9 раз 4) уменьшается в 9 раз

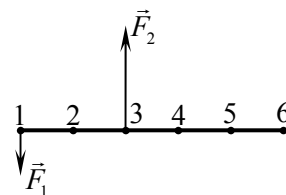
Решение. Сила гравитационного притяжения двух шарообразных тел равна

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2} .$$

При увеличении в 3 раза расстояния между их центрами сила гравитационного притяжения уменьшается в 9 раз.

Правильный ответ: 4.

А4. На рисунке изображен тонкий невесомый стержень, к которому в точках 1 и 3 приложены силы $F_1 = 100 \text{ Н}$ и $F_2 = 300 \text{ Н}$. В какой точке надо расположить ось вращения, чтобы стержень находился в равновесии?



- 1) в точке 2 2) в точке 6 3) в точке 4 4) в точке 5

Решение. Условием равновесия стержня является равенство $F_1l_1 = F_2l_2$, где l_1 и l_2 — расстояния от оси вращения до точек приложения сил. Поскольку вторая сила в 3 раза больше первой, точка её приложения должна располагаться в 3 раза ближе к оси вращения. Значит, ось вращения расположена либо в точке 2,5, либо в точке 4. Если ось вращения находится в точке 2,5, то силы вращают стержень в одном направлении и не уравновешивают друг друга. При расположении оси вращения в точке 4 силы вращают стержень в разных направлениях, уравновешивая друг друга.

Правильный ответ: 3.

A5. Мальчик подбросил футбольный мяч массой 0,4 кг на высоту 3 м. Насколько изменилась потенциальная энергия мяча?

- 1) 4 Дж 2) 12 Дж 3) 1,2 Дж 4) 7,5 Дж

Решение. Изменение потенциальной энергии равно $\Delta E_p = mgh = 0,4 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 3 \text{ м} = 12 \text{ Дж}$.

Правильный ответ: 2.

A6. При гармонических колебаниях вдоль оси Ox координата тела изменяется по закону $x = 0,9 \cdot \cos 5t$ (м). Какова амплитуда колебаний?

- 1) 5 м 2) 4,5 м 3) 0,9 м 4) 0,18 м

Решение. В общем виде при гармонических колебаниях координата тела изменяется по закону $x = A \cos \omega t$, где A — амплитуда колебаний, ω — циклическая частота колебаний. Амплитуда колебаний равна 0,9 м.

Правильный ответ: 3.

A7. Человеческое ухо может воспринимать звуки частотой от 20 до 20000 Гц. Какой диапазон длин волн соответствует интервалу слышимости звуковых колебаний? Скорость звука в воздухе примите равной 340 м/с.

- 1) от 20 до 20000 м 2) от 6800 до 6800000 м
3) от 0,06 до 58,8 м 4) от 0,017 до 17 м

Решение. Длина волны λ связана с частотой колебаний ν соотношением $\lambda = v/\nu$, где v — скорость распространения волны. Минимальная длина волны слышимых звуковых колебаний равна

$$\lambda_{\min} = \frac{340 \text{ м/с}}{20000 \text{ Гц}} = 0,017 \text{ м},$$

а максимальная длина волны слышимых звуковых колебаний равна

$$\lambda_{\max} = \frac{340 \text{ м/с}}{20 \text{ Гц}} = 17 \text{ м}.$$

Правильный ответ: 4.

A8. Диффузия происходит быстрее при повышении температуры вещества, потому что

- 1) увеличивается скорость движения частиц
2) увеличивается взаимодействие частиц
3) тело при нагревании расширяется
4) уменьшается скорость движения частиц

Решение. При повышении температуры диффузия происходит быстрее за счёт увеличения скорости движения частиц.

Правильный ответ: 1.

A9. При неизменной концентрации частиц идеального газа средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул увеличилась в 3 раза. При этом давление газа

- 1) уменьшилось в 3 раза
- 2) увеличилось в 3 раза
- 3) увеличилось 9 раз
- 4) не изменилось

Решение. Согласно основному уравнению молекулярно-кинетической теории давление идеального газа p связано с концентрацией n и средней кинетической энергией движения его молекул \bar{E} соотношением:

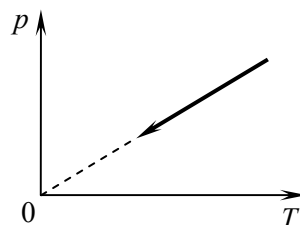
$$p = \frac{3}{2} n \bar{E}.$$

При неизменной концентрации частиц и увеличении в 3 раза их средней кинетической энергии давление увеличивается в 3 раза.

Правильный ответ: 2.

A10. На рисунке изображён график зависимости давления газа на стенки сосуда от температуры. Какой процесс изменения состояния газа изображён?

- 1) изобарное нагревание
- 2) изохорное охлаждение
- 3) изотермическое сжатие
- 4) изохорное нагревание



Решение. На рисунке изображён изохорный процесс, который шёл в сторону уменьшения температуры. Значит, на рисунке изображено изохорное охлаждение.

Правильный ответ: 2.

A11. При охлаждении твёрдого тела массой m температура тела понизилась на ΔT . По какой из приводимых ниже формул следует рассчитывать количество отданной телом теплоты Q ? c — удельная теплоёмкость вещества.

- 1) $c \cdot m \cdot \Delta T$
- 2) $\frac{m \cdot \Delta T}{c}$
- 3) $\frac{c \cdot m}{\Delta T}$
- 4) $\frac{m}{c \cdot \Delta T}$

Решение. Количество отданной телом теплоты рассчитывают по формуле $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$.

Правильный ответ: 1.

A12. Внутренняя энергия идеального газа при его охлаждении

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) увеличивается или уменьшается в зависимости от изменения объёма
- 4) не изменяется

Решение. Внутренняя энергия идеального газа равна $U = C_V T$, где C_V — теплоёмкость газа при постоянном объёме, T — его температура. Теплоёмкость идеального газа не зависит от температуры. При уменьшении температуры внутренняя энергия идеального газа уменьшается.

Правильный ответ: 2.

A13. Температура кипения воды зависит от

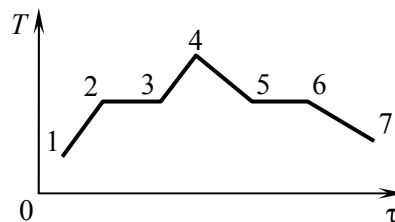
- 1) мощности нагревателя
- 2) вещества сосуда, в котором нагревается вода
- 3) атмосферного давления
- 4) начальной температуры воды

Решение. Кипение жидкости происходит при температуре, при которой давление насыщенного пара становится равным внешнему давлению. Значит, температура кипения воды зависит от атмосферного давления.

Правильный ответ: 3.

A14. На рисунке изображён график плавления и кристаллизации нафталина. Какая из точек соответствует началу отвердевания вещества?

- 1) точка 2
- 2) точка 4
- 3) точка 5
- 4) точка 6



Решение. Отвердевание — переход из жидкого состояния в твёрдое при охлаждении. Охлаждению соответствует часть графика 4–7. В процессе отвердевания температура вещества остаётся постоянной, этому соответствует часть графика 5–6. Точка 5 соответствует началу отвердевания вещества.

Правильный ответ: 3.

A15. Как изменится сила кулоновского взаимодействия двух точечных неподвижных зарядов, если расстояние между ними увеличить в n раз?

- 1) увеличится в n раз
- 2) уменьшится в n раз
- 3) увеличится в n^2 раз
- 4) уменьшится в n^2 раз

Решение. Сила кулоновского взаимодействия двух точечных неподвижных зарядов равна

$$F = k \frac{q_1 q_2}{R^2},$$

где k — постоянная величина, q_1 и q_2 — величины зарядов, R — расстояние между ними. Если расстояние между ними увеличить в n раз, то сила уменьшится в n^2 раз.

Правильный ответ: 4.

A16. Если площадь поперечного сечения однородного цилиндрического проводника и электрическое напряжение на его концах увеличатся в 2 раза, то сила тока, протекающая по нему,

- 1) не изменится
- 2) увеличится в 2 раза
- 3) увеличится в 4 раза
- 4) уменьшится в 4 раза

Решение. Сила тока, протекающая по проводнику равна $I = U/R$, где U — напряжение на его концах, R — его сопротивление, равное $R = \rho l/S$, где ρ — удельное сопротивление материала проводника, l — его длина, S — площадь поперечного сечения. Таким образом, сила тока равна $I = US/\rho l$. При увеличении в 2 раза напряжения на его концах проводника и площади его поперечного сечения сила тока, протекающая по нему, увеличивается в 4 раза.

Правильный ответ: 3.

A17. Как изменится мощность, потребляемая электрической лампой, если, не изменяя её электрическое сопротивление, уменьшить напряжение на ней в 3 раза?

- 1) уменьшится в 3 раза
- 2) уменьшится в 9 раз
- 3) не изменится
- 4) увеличится в 9 раз

Решение. Потребляемая мощность равна $W = U^2 / R$, где U — напряжение, R — сопротивление. При неизменном сопротивлении и уменьшении напряжения в 3 раза, потребляемая мощность уменьшается в 9 раз.

Правильный ответ: 2.

A18. Что нужно сделать для того, чтобы изменить полюса магнитного поля катушки с током?

- 1) уменьшить силу тока
- 2) изменить направление тока в катушке
- 3) отключить источник тока
- 4) увеличить силу тока

Решение. При изменении направления тока в катушке полюса образуемого ею магнитного поля меняются местами.

Правильный ответ: 2.

A19. Изменится ли электроёмкость конденсатора, если заряд на его обкладках увеличить в n раз?

- 1) увеличится в n раз
- 2) уменьшится в n раз
- 3) не изменится
- 4) увеличится в n^2 раз

Решение. Электроёмкость конденсатора не зависит от заряда на его обкладках.

Правильный ответ: 3.

A20. Колебательный контур радиоприёмника настроен на радиостанцию, передающую на волне 100 м. Как нужно изменить ёмкость конденсатора колебательного контура, чтобы он был настроен на волну 25 м? Индуктивность катушки считать неизменной.

- 1) увеличить в 4 раза
- 2) уменьшить в 4 раза
- 3) увеличить в 16 раз
- 4) уменьшить в 16 раз

Решение. Резонансная частота колебательного контура равна

$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}},$$

где C — ёмкость конденсатора, L — индуктивность катушки. Контур настроен на длину волны

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = 2\pi c\sqrt{LC},$$

где c — скорость света. Чтобы настроить радиоприёмник на вчетверо меньшую длину волны, надо уменьшить ёмкость конденсатора в 16 раз.

Правильный ответ: 4.

A26. Неподвижная лодка вместе с находящимся в ней охотником имеет массу 250 кг. Охотник выстреливает из охотничьего ружья в горизонтальном направлении. Какую скорость получит лодка после выстрела? Масса пули 8 г, а её скорость при вылете равна 700 м/с.

- 1) 22,4 м/с 2) 0,05 м/с 3) 0,02 м/с 4) 700 м/с

Решение. По закону сохранения импульса скорость лодки будет равна

$$v_l = \frac{m_n v_n}{m_l} = \frac{0,008 \text{ кг} \cdot 700 \text{ м/с}}{250 \text{ кг}} = 0,0224 \text{ м/с}.$$

Правильный ответ: 3.

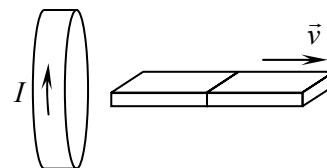
A27. Тепловая машина с КПД 40 % получает за цикл от нагревателя 100 Дж. Какое количество теплоты машина отдаёт за цикл холодильнику?

- 1) 40 Дж 2) 60 Дж 3) 100 Дж 4) 160 Дж

Решение. КПД тепловой машины равен $\eta = 1 - \frac{Q_x}{Q_n}$. Количество теплоты, отданное за цикл холодильнику, равно $Q_x = Q_n(1 - \eta) = 100 \text{ Дж} \cdot (1 - 0,4) = 60 \text{ Дж}$.

Правильный ответ: 2.

A28. Магнит выводят из кольца так, как показано на рисунке. Какой полюс магнита ближе к кольцу?

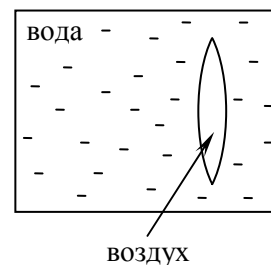


- 1) северный 2) южный
3) отрицательный 4) положительный

Решение. Магнитное поле, создаваемое индукционным током, внутри кольца направлено справа налево. Кольцо можно считать магнитом, у которого северный полюс находится слева. По правилу Ленца этот магнит должен препятствовать удалению движущегося магнита и, значит, притягивать его. Таким образом, у движущегося магнита северный полюс тоже слева.

Правильный ответ: 1.

A29. Линзу, изготовленную из двух тонких сферических стекол одинакового радиуса, между которыми находится воздух (воздушная линза), опустили в воду (см. рис.). Как действует эта линза?



- 1) как собирающая линза
2) как рассеивающая линза
3) она не изменяет хода луча
4) может действовать и как собирающая, и как рассеивающая линза

Решение. Поскольку коэффициент преломления воздуха меньше коэффициента преломления воды, воздушная линза является рассеивающей.

Правильный ответ: 2.

A30. Какова энергия связи ядра изотопа натрия ${}_{11}^{23}\text{Na}$? Масса ядра равна 22,9898 а. е. м. Ответ округлите до целых.

- 1) $3 \cdot 10^{11}$ Дж 2) $3 \cdot 10^{-11}$ Дж 3) $2 \cdot 10^{-14}$ Дж 4) 253 Дж

Решение. Ядро изотопа натрия ${}_{11}^{23}\text{Na}$ состоит из 11 протонов и 12 нейтронов. Дефект масс равен $\Delta m = 11m_p + 12m_n - m_{\text{Na}} = (11 \cdot 1,007 + 12 \cdot 1,008 - 22,9898) \text{ а. е. м.} = 0,1832 \text{ а. е. м.}$ Энергия связи равна $E = 0,1832 \cdot 931,5 \text{ МэВ} = 0,1832 \cdot 931,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Дж} = 3 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}.$

Правильный ответ: 2.

Часть В

В1. Шарик, прикрепленный к пружине, совершает гармонические колебания на гладкой горизонтальной плоскости с амплитудой 10 см. Насколько сместится шарик от положения равновесия за время, в течение которого его кинетическая энергия уменьшится вдвое? Ответ выразите в сантиметрах и округлите до целых?

Решение. В положении равновесия система обладает только кинетической энергией, а при максимальном отклонении — только потенциальной. По закону сохранения энергии в тот момент времени, когда кинетическая энергия уменьшится вдвое, потенциальная энергия также будет равна половине максимальной:

$$\frac{kx^2}{2} = \frac{1}{2} \left(\frac{kA^2}{2} \right).$$

Откуда получаем:

$$x = \frac{A}{\sqrt{2}} = \frac{10 \text{ см}}{\sqrt{2}} = 7 \text{ см}.$$

Ответ: 7.

В2. Какое количество теплоты выделится при изобарном охлаждении 80 г гелия с 200 °С до 100 °С? Ответ выразите в килоджоулях (кДж) и округлите до целых?

Решение. Гелий — одноатомный газ с молярной массой равной $M = 4 \text{ г/моль}$. В 80 г гелия содержится 20 моль. Удельная теплоёмкость гелия при постоянном давлении равна $c_p = 5R/2$.

При охлаждении выделится

$$Q = c_p \nu \Delta T = \frac{5}{2} \nu R \Delta T = \frac{5}{2} \cdot 20 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 100 \text{ К} = 42 \text{ кДж}.$$

Ответ: 42.

В3. Замкнутый проводник сопротивлением $R = 3 \text{ Ом}$ находится в магнитном поле. В результате изменения этого поля магнитный поток, пронизывающий контур, возрос с $\Phi_1 = 0,002 \text{ Вб}$ до $\Phi_2 = 0,005 \text{ Вб}$. Какой заряд прошел через поперечное сечение проводника? Ответ выразите в милликулонах (мКл).

Решение. При изменении магнитного потока в замкнутом проводнике возникает ЭДС, равная $\varepsilon = \Delta\Phi / \Delta t$. Под действием этой ЭДС в контуре течёт ток $I = \varepsilon / R$, и за время Δt через поперечное сечение проводника пройдёт заряд

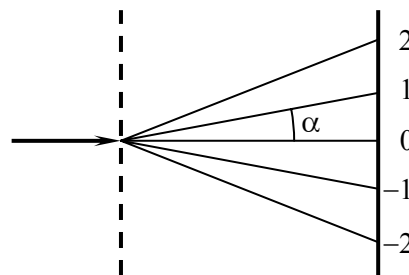
$$q = I \cdot \Delta t = \frac{\varepsilon}{R} \Delta t = \frac{\Delta\Phi}{R} = \frac{0,005 \text{ Вб} - 0,002 \text{ Вб}}{3 \text{ Ом}} = 1 \text{ мКл}.$$

Ответ: 1.

В4. Выполняя экспериментальное задание, ученик должен был определить период дифракционной решётки. С этой целью он направил световой пучок на дифракционную решётку через красный светофильтр, который пропускает свет длиной волны 0,76 мкм. Дифракционная решётка находилась от экрана на расстоянии 1 м. На экране расстояние между спектрами первого порядка получилось равным 15,2 см. Какое значение периода дифракционной решётки было получено учеником? Ответ выразите в микрометрах (мкм). (При малых углах $\sin \varphi \approx \text{tg } \varphi$.)

Решение. Обозначим расстояние от дифракционной решётки до экрана $R = 1$ м. Углы отклонения связаны с постоянной решётки и длиной волны света равенством $d \sin \alpha_n = n\lambda$. Для первого порядка имеем:

$$\sin \alpha = \frac{\lambda}{d}.$$



Расстояние между спектрами первого порядка на экране равно

$$\Delta x = 2R \operatorname{tg} \alpha \cong 2R \sin \alpha = \frac{2R\lambda}{d}.$$

Откуда

$$d = \frac{2R\lambda}{\Delta x} = \frac{2 \cdot 1 \text{ м} \cdot 0,76 \text{ мкм}}{0,152 \text{ м}} = 10 \text{ мкм}.$$

Ответ: 10.

В5. Определите энергию, выделившуюся при протекании следующей реакции: ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He}$. Ответ выразите в пикоджоулях (пДж) и округлите до целых.

Решение. Пользуясь табличными данными энергии покоя ядер элементов, участвующих в реакции, определим выделившуюся энергию:

$$\begin{aligned} \Delta E &= E_{{}^7_3\text{Li}} + E_{{}^1_1\text{H}} - 2E_{{}^4_2\text{He}} = 6535,4 \text{ МэВ} + 938,3 \text{ МэВ} - 2 \cdot 3728,4 \text{ МэВ} = \\ &= 17,9 \text{ МэВ} = 17,9 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Дж} = 3 \cdot 10^{-12} \text{ Дж} = 3 \text{ пДж}. \end{aligned}$$

Ответ: 3.

Часть С

С1. Тележка массой 0,8 кг движется по инерции со скоростью 2,5 м/с. На тележку с высоты 50 см вертикально падает кусок пластилина массой 0,2 кг и прилипает к ней. Рассчитайте энергию, которая перешла во внутреннюю при этом ударе.

Решение. В момент удара скорость пластилина равна $v_{nl} = \sqrt{gh} = \sqrt{10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,5 \text{ м}} = 2,24 \text{ м/с}$ и направлена вертикально вниз. Эта скорость была полностью погашена силой реакции опоры. Во внутреннюю энергию перешла вся кинетическая энергия упавшего куска пластилина:

$$Q_1 = \frac{m_{nl} v_{nl}^2}{2} = m_{nl} gh = 0,2 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,5 \text{ м} = 1 \text{ Дж}.$$

В момент прилипания куска пластилина к тележке силы трения уравнивали горизонтальные составляющие их скоростей. Во внутреннюю энергию перешла часть кинетической энергии тележки. Используя закон сохранения импульса, определим скорость тележки с пластилином после соударения:

$$m_m v_m = (m_m + m_{nl}) v_0 \Leftrightarrow v_0 = \frac{m_m v_m}{(m_m + m_{nl})} = \frac{0,8 \text{ кг} \cdot 2,5 \text{ м/с}}{0,8 \text{ кг} + 0,2 \text{ кг}} = 2 \text{ м/с}.$$

Во внутреннюю энергию перешло

$$Q_2 = \frac{m_m v_m^2}{2} - \frac{(m_m + m_{nl}) v_0^2}{2} = \frac{0,8 \text{ кг} \cdot (2,5 \text{ м/с})^2}{2} - \frac{(0,8 \text{ кг} + 0,2 \text{ кг}) \cdot (2 \text{ м/с})^2}{2} = 0,5 \text{ Дж}.$$

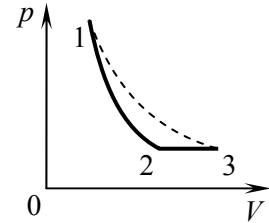
В итоге, энергия, которая перешла во внутреннюю при этом ударе равна

$$Q = Q_1 + Q_2 = 1 \text{ Дж} + 0,5 \text{ Дж} = 1,5 \text{ Дж}.$$

Ответ: 1,5 Дж.

С2. Некоторое количество гелия расширяется: сначала адиабатно, а затем изобарно. Конечная температура газа равна начальной. При адиабатном расширении газ совершил работу, равную 4,5 кДж. Какова работа газа за весь процесс?

Решение. Изобразим процессы на диаграмме (см. рис.). 1–2 — адиабатическое расширение, 2–3 — изобарное расширение. По условию, температуры в точках 1 и 3 равны; работа, совершённая газом в процессе 1–2, равна $A_{12} = 4,5 \text{ кДж}$. Гелий — одноатомный газ, поэтому его теплоёмкость при постоянном объёме равна $C_V = 3\nu R/2$, где ν — количество вещества газа. Воспользовавшись первым началом термодинамики для процесса 1–2, получаем:



$$0 = \Delta U_{12} + A_{12} \Leftrightarrow \Delta U_{12} = -A_{12} \Leftrightarrow C_V(T_2 - T_1) = -A_{12} \Leftrightarrow T_1 - T_2 = \frac{2A_{12}}{3\nu R}.$$

Работу газа в процессе 2–3 можно определить по формуле $A_{23} = p_2(V_3 - V_2)$. Используя уравнение Менделеева — Клапейрона и равенство $T_1 = T_3$, получаем:

$$A_{23} = p_2V_3 - p_2V_2 = \nu RT_3 - \nu RT_2 = \nu R(T_1 - T_2) = \frac{2}{3} A_{12}.$$

Работа газа за весь процесс равна

$$A = A_{12} + A_{23} = \frac{5}{3} A_{12} = \frac{5}{3} \cdot 4,5 \text{ кДж} = 7,5 \text{ кДж}.$$

Ответ: 7,5 кДж.

С3. Маленький заряженный шарик массой 50 г, имеющий заряд 1 мкКл, движется с высоты 0,5 м по наклонной плоскости с углом наклона 30° . В вершине прямого угла, образованного высотой и горизонталью, находится неподвижный заряд 7,4 мкКл. Какова скорость шарика у основания наклонной плоскости, если его начальная скорость равна нулю? Трением пренебречь.

Решение. Маленький шарик находится в поле тяжести Земли и в электростатическом поле, создаваемым вторым зарядом. Оба поля являются потенциальными, поэтому для определения скорости шарика можно воспользоваться законом сохранения энергии. В начальном положении шарик находится на высоте $h = 0,5 \text{ м}$ и на расстоянии $r_1 = h$ от второго заряда. В конечном положении шарик находится на нулевой высоте и на расстоянии $r_2 = h \cdot \text{ctg } 30^\circ$ от второго заряда. Таким образом:

$$\begin{aligned} mgh + \frac{kq_1q_2}{r_1} &= \frac{mv^2}{2} + \frac{kq_1q_2}{r_2} \Leftrightarrow v = \sqrt{2gh + \frac{2kq_1q_2}{m} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)} = \sqrt{2gh + \frac{2kq_1q_2(1 - \text{tg } 30^\circ)}{mh}} = \\ &= \sqrt{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,5 \text{ м} + \frac{2 \cdot 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл} \cdot 7,4 \cdot 10^{-6} \text{ Кл} \cdot (1 - \text{tg } 30^\circ)}{0,05 \text{ кг} \cdot 0,5 \text{ м}}} = 3,5 \text{ м/с}. \end{aligned}$$

Ответ: 3,5 м/с.

С4. При облучении металла светом с длиной волны 245 нм наблюдается фотоэффект. Работа выхода электрона из металла равна 2,4 эВ. Рассчитайте величину напряжения, которое нужно приложить к металлу, чтобы уменьшить максимальную скорость вылетающих фотоэлектронов в 2 раза.

Решение. Длина волны (λ) падающего света связана с его частотой (ν) равенством $\lambda \cdot \nu = c$, где c — скорость света. Используя формулу Эйнштейна для фотоэффекта, определим кинетическую энергию фотоэлектронов:

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2} \Leftrightarrow \frac{mv^2}{2} = \frac{hc}{\lambda} - A_{\text{вых}}.$$

Работа электрического поля равна $A = |e|U$. Работа должна быть такой, чтобы уменьшить максимальную скорость вылетающих фотоэлектронов в 2 раза:

$$\begin{aligned} \frac{mv^2}{2} &= \frac{m(v/2)^2}{2} + A \Leftrightarrow A = \frac{3}{4} \cdot \frac{mv^2}{2} \Leftrightarrow |e|U = \frac{3}{4} \left(\frac{hc}{\lambda} - A_{\text{вых}} \right) \Leftrightarrow U = \frac{3}{4|e|} \left(\frac{hc}{\lambda} - A_{\text{вых}} \right) = \\ &= \frac{3}{4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} \left(\frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{245 \cdot 10^{-9} \text{ м}} - 2,4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} \right) = 2 \text{ В}. \end{aligned}$$

Ответ: 2 В.

С5. Вакуумный диод, у которого анод (положительный электрод) и катод (отрицательный электрод) — параллельные пластины, работает в режиме, когда между током и напряжением выполняется соотношение $I = aU^{3/2}$ (где a — некоторая постоянная величина). Во сколько раз увеличится сила, действующая на анод вследствие удара электронов, если напряжение на диоде увеличить в два раза? Начальную скорость вылетающих электронов считать равной нулю.

Решение. При увеличении напряжения в два раза сила тока возрастёт в $2^{3/2}$ раз. Во столько же раз увеличится число электронов, ударяющихся в единицу времени об анод. Вместе с этим в два раза возрастут работа электрического поля в диоде и, как следствие, кинетическая энергия ударяющихся электронов. Скорость частиц увеличится в $\sqrt{2}$ раз, во столько же раз увеличится передаваемый импульс и сила давления отдельных электронов. Таким образом, действующая на анод сила возрастёт в $2^{3/2} \cdot 2^{1/2} = 4$ раза.

Ответ: в 4 раза.