

ФИЗИКА, ч. 3

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ № 1-1

Вариант № 1

1. За сколько времени звуковые колебания пройдут расстояние  $l$  между точками 1 и 2, если температура воздуха между ними меняется линейно от  $T_1$  до  $T_2$ . Скорость звука в воздухе  $v = \alpha\sqrt{T}$ , где  $\alpha$  – постоянная. [ $t = 2l / \alpha(\sqrt{T_1} + \sqrt{T_2})$ ]
2. Над шоссе висит источник звуковых сигналов с частотой  $\nu_0 = 2,3$  кГц. От него со скоростью  $v = 54$  км/ч удаляется мотоциклист. В ту же сторону дует ветер со скоростью  $u = 5,0$  м/с. Считая скорость звука в воздухе  $\nu_0 = 340$  м/с, найти частоту сигнала, воспринимаемую мотоциклистом. [ $\nu = \nu_0(\nu_0 - v + u)/(\nu_0 + u) = 2,2$  кГц]
3. Одна из спектральных линий, испускаемых возбужденными ионами  $\text{He}^+$ , имеет длину волны  $\lambda = 410$  нм. Найти доплеровское смещение  $\Delta\lambda$  этой линии, если ее наблюдать под углом  $\theta = 30^\circ$  к пучку ионов, движущихся с кинетической энергией  $K = 10$  МэВ. [ $\Delta\lambda = -\lambda\sqrt{2K/mc^2} \cos \theta = -26$  нм ]

## Вариант № 2

1. Бегущая волна имеет вид  $\xi = a \cos(1560t - 5,2x)$ , где  $t$  – в секундах,  $x$  – в метрах. Вычислить частоту  $\nu$  колебаний, скорость  $v$  их распространения и длину волны  $\lambda$ . [0,25 кГц, 0,30 км/с, 1,2 м]
2. Источник звука частоты  $\nu_0 = 1700$  Гц и приемник находятся в одной точке. В некоторый момент источник начинает удаляться от приемника с ускорением  $a = 10,0$  м/с<sup>2</sup>. Найти частоту колебаний, воспринимаемых неподвижным приемником через  $t = 10,0$  с после начала движения источника. Скорость звука  $v = 340$  м/с. [ $\nu = \nu_0 / \sqrt{1 + 2at/v} = 1,35$  кГц]
3. При наблюдении спектральной линии  $\lambda = 0,59$  мкм в направлениях на противоположные края солнечного диска на его экваторе обнаружили различие в длинах волн  $\delta\lambda = 8,0$  пм. Найти период вращения Солнца вокруг собственной оси. [ $T = 4\pi R\lambda / c\delta\lambda = 25$  сут,  $R$  – радиус Солнца]

### Вариант № 3

1. Уравнение плоской звуковой волны имеет вид  $\xi = 60 \cos(1800t - 5,3x)$ , где  $\xi$  – в микрометрах,  $t$  - в секундах,  $x$  - в метрах. Найти отношение амплитуды смещения частиц среды к длине волны. [ $A/\lambda=5,1 \cdot 10^{-5}$ ]
2. Неподвижный наблюдатель воспринимает звуковые колебания от двух камертонов, один из которых приближается, а другой с той же скоростью удаляется. При этом наблюдатель слышит биения с частотой  $\nu = 2,0$  Гц. Найти скорость каждого камертона, если их частота колебаний  $\nu_0 = 680$  Гц и скорость звука  $v = 340$  м/с.  
[ $u = (\sqrt{1 + (v/\nu_0)^2} - 1)v \nu_0 \approx v \nu / 2\nu_0 = 0,5$  м/с]
3. Плоская электромагнитная волна частоты  $\omega_0$  падает нормально на поверхность зеркала, движущегося навстречу с релятивистской скоростью  $v$ . Найти с помощью формулы Доплера частоту отраженной волны. Рассмотреть также случай  $v \ll c$ .  
[ $\omega = \omega_0(1 + \beta)/(1 - \beta)$ , где  $\beta = v/c$ ,  $\omega = \omega_0(1 + 2v/c)$ ]

#### Вариант № 4

1. Уравнение плоской звуковой волны имеет вид  $\xi = 60 \cos(1800t - 5,3x)$ , где  $\xi$  – в микрометрах,  $t$  - в секундах,  $x$  - в метрах. Найти амплитуду колебаний скорости частиц среды и ее отношение к скорости распространения волны. [ $v_m = 11$  см/с,  $3,2 \cdot 10^{-4}$ ]
2. Звуковая волна распространяется со скоростью  $v$  в положительном направлении оси  $x$ . В ту же сторону движутся наблюдатели 1 и 2 со скоростями  $v_1$  и  $v_2$ . Найти отношение частот, которые зафиксируют наблюдатели. [ $\omega_1/\omega_2 = (v - v_2) / (v - v_1)$ ]
3. Радиолокатор работает на длине волны  $\lambda = 50,0$  см. Найти скорость приближающегося самолета, если частота биений между сигналами передатчика и отраженными от самолета в месте расположения локатора  $\Delta\nu = 1,00$  кГц. [ $v = \lambda\Delta\nu/2 = 900$  км / ч]

### Вариант № 5

1. Плоская гармоническая волна с частотой  $\omega$  распространяется со скоростью  $v$  в направлении, составляющем углы  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  с осями  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Найти разность фаз колебаний точек среды с координатами  $x_1, y_1, z_1$  и  $x_2, y_2, z_2$ . [ $\Delta\varphi = k(\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2) = (\omega/v)[(x_1 - x_2) \cos \alpha + (y_1 - y_2) \cos \beta + (z_1 - z_2) \cos \gamma$  ]]
2. Над шоссе висит источник звуковых сигналов с частотой  $\nu_0 = 2,3$  кГц. От него со скоростью  $v = 54$  км/ч удаляется мотоциклист. В противоположную сторону дует ветер со скоростью  $u = 5,0$  м/с. Считая скорость звука в воздухе  $v_0 = 340$  м/с, найти частоту сигнала, воспринимаемую мотоциклистом. [ $\nu = \nu_0(v_0 - v - u)/(v_0 - u)$ ]
3. С какой скоростью удаляется от нас некоторая туманность, если линия водорода  $\lambda_0 = 434$  нм (для неподвижного источника) в ее спектре смещена в длинноволновую сторону на 130 нм? [ $\beta = v/c = 0,256$ ]

### Вариант № 6

1. Найти волновой вектор  $\mathbf{k}$  и скорость  $v$  волны, имеющей вид  $\xi = a \cos(\omega t - \alpha x - \beta y - \gamma z)$ . [ $\mathbf{k} = \alpha \mathbf{i} + \beta \mathbf{j} + \gamma \mathbf{k}$ ,  $v = \omega / \sqrt{\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2}$ ]
2. Источник звука частоты  $\nu_0 = 2700$  Гц и приемник находятся в одной точке. В некоторый момент источник начинает удаляться от приемника с ускорением  $a = 9,81$  м/с<sup>2</sup>. Найти частоту колебаний, воспринимаемых неподвижным приемником через  $t = 10$  мин после начала движения источника. Скорость звука  $v = 340$  м/с. [ $\nu = \nu_0 / \sqrt{1 + 2at/v}$ ]
3. Одна из спектральных линий атомарного водорода имеет длину волны  $\lambda = 656,3$  нм. Найти доплеровское смещение  $\Delta\lambda$  этой линии, если ее наблюдать под прямым углом к пучку атомов водорода с кинетической энергией  $K = 1,0$  МэВ (поперечный Доплер-эффект). [ $\Delta\lambda = \lambda K / mc^2 = 0,7$  нм, где  $m$  – масса атома]

### Вариант № 7

1. Плоская электромагнитная волна  $\mathbf{E} = \mathbf{E}_m \cos(\omega t - \mathbf{k}\mathbf{r})$  распространяется в вакууме. Считая векторы  $\mathbf{E}_m$  и  $\mathbf{k}$  известными, найти вектор  $\mathbf{H}$  как функцию времени  $t$  в точке с радиусом-вектором  $\mathbf{r} = 0$ . [ $\mathbf{H} = (\varepsilon_0 c/k)[\mathbf{k}\mathbf{E}] \cos(ckt)$ ]
2. Неподвижный наблюдатель воспринимает звуковые колебания от двух камертонов, один из которых приближается, а другой с той же скоростью удаляется. При этом наблюдатель слышит биения с частотой  $\nu = 3,0$  Гц. Найти скорость каждого камертона, если их частота колебаний  $\nu_0 = 900$  Гц и скорость звука  $v = 340$  м/с. [ $u = (\sqrt{1 + (v/\nu_0)^2} - 1)v \nu_0 \approx v \nu / 2\nu_0$ ]
3. По некоторой прямой движутся в одном направлении наблюдатель со скоростью  $v_1 = 0,50c$  и впереди него источник света со скоростью  $v_2 = 0,75c$ . Собственная частота света равна  $\omega_0$ . Найти частоту света, которую зафиксирует наблюдатель. [ $\omega = \omega_0 \sqrt{3/7}$ ]

### Вариант № 8

1. В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна  $\mathbf{E} = \mathbf{j} E_m \cos(\omega t - kx)$ , где  $\mathbf{j}$  – орт оси  $y$ ,  $E_m = 160$  В/м,  $k = 0,51$  м<sup>-1</sup>. Найти вектор  $\mathbf{H}$  в точке с координатой  $x = 7,7$  м в момент  $t = 0$ . [ $\mathbf{H} = \mathbf{j} \varepsilon_0 c E_m \cos kx = -0,30\mathbf{j}$  (А/м)]
2. Звуковая волна распространяется со скоростью  $v$  в положительном направлении оси  $x$ . В противоположную сторону движутся наблюдатели 1 и 2 со скоростями  $v_1$  и  $v_2$ . Найти отношение частот, которые зафиксируют наблюдатели. [ $\omega_1/\omega_2 = (v + v_2) / (v + v_1)$ ]
3. Одна из спектральных линий, испускаемых возбужденными ионами  $\text{He}^+$ , имеет длину волны  $\lambda = 410$  нм. Найти доплеровское смещение  $\Delta\lambda$  этой линии, если ее наблюдать под углом  $\theta = 60^\circ$  к пучку ионов, движущихся с кинетической энергией  $K = 20$  МэВ. [ $\Delta\lambda = -\lambda\sqrt{2K/mc^2} \cos \theta$ ]