

8.1. Плоская продольная упругая волна распространяется в положительном направлении оси  $x$  в среде с плотностью  $\rho$  и модулем Юнга  $E$ . Найти проекцию скорости  $u_x$  частиц среды в точках, где относительная деформация среды равна  $\epsilon$ .

8.2. Уравнение плоской звуковой волны имеет вид  $\xi = A \cdot \cos(\omega \cdot t - k \cdot x)$ , где  $\xi$  – смещение частиц среды. Найти отношение амплитуды колебаний скорости частиц среды к скорости распространения волны.

8.3. В однородной среде с плотностью  $\rho$  установилась продольная стоячая волна смещения частиц  $\xi = a \cdot \cos(k \cdot x) \cdot \cos(\omega \cdot t)$ . Найти объемную плотность потенциальной энергии  $w_p$  в зависимости от  $x$  и  $t$ .

8.4. Струна длины  $l$  и диаметра  $d$ , изготовленная из материала плотностью  $\rho$ , дает основной тон частоты  $\nu$ . Найти силу натяжения струны.

8.5. На струне длины  $L$  образовалась стоячая волна, причем все точки струны с амплитудой смещения  $a$  находятся друг от друга на расстоянии  $L/8$ . Найти максимальную амплитуду смещения  $a_m$  частиц струны.

8.6. Во сколько раз изменится частота основного тона натянутой струны, если её длину уменьшить в  $n$  раз, а силу натяжения увеличить в  $m$  раз ( $m, n > 1$ )?

8.7. Для определения скорости звука в воздухе используется труба с подвижным поршнем и звуковой мембраной, закрывающей один из её торцов. Расстояние между соседними положениями поршня, при которых на частоте  $\nu$  обнаруживается резонанс, равно  $l$ . Какова скорость звука?

- 8.8. Труба длины  $l$  закрыта с одного конца. Скорость звука в воздухе  $c$ . Каково число возможных мод колебаний столба воздуха в трубе, частоты которых меньше некоторого значения  $\nu_0$ ?
- 8.9. Стержень длины  $L$  закреплен в середине. Модуль Юнга материала стержня равен  $E$ , а его плотность  $\rho$ . Найти число продольных мод колебаний стержня в диапазоне частот от  $\nu_1$  до  $\nu_2$ .
- 8.10. На струне массы  $m$  установились колебания с частотой  $\nu$ , соответствующие основному тону. Максимальная амплитуда смещения частиц струны  $a_m$ . Найти максимальную кинетическую энергию струны.
- 8.11. В однородном стержне, площадь сечения которого  $S$  и плотность  $\rho$ , установилась стоячая волна смещения  $\xi = a \cdot \sin(k \cdot x) \cdot \cos(\omega \cdot t)$ . Найти полную механическую энергию, запасенную между двумя сечениями стержня, которые проходят через соседние узлы смещения.
- 8.12. В положительном направлении оси  $x$  со скоростью  $c$  распространяется звуковая волна. В ту же сторону движутся наблюдатели 1 и 2 со скоростями  $u_1$  и  $u_2$ . Каково отношение частот  $\nu_2/\nu_1$ , которые зафиксируют наблюдатели.
- 8.13. Неподвижный наблюдатель воспринимает звуковые колебания от двух одинаковых камертонов, частота колебаний которых равна  $\nu_0$ . Наблюдатель и камертоны находятся на одной прямой, скорость звука в воздухе  $c$ . Когда один камертон приближается к наблюдателю с некоторой скоростью  $u$ , а другой с такой же скоростью удаляется, наблюдатель слышит биения с частотой  $f$ . Какова скорость  $u$ ?

8.14. Неподвижный источник излучает монохроматические звуковые волны. Скорость распространения звука в среде  $c$ . К источнику звука приближается стенка со скоростью  $u$  ( $u < c$ ). Найти относительное изменение длины волны звука  $\Delta\lambda/\lambda$  при отражении от стенки.

8.15. Скорость звука в воздухе равна  $c$ , плотность воздуха  $\rho$ . Амплитуда колебаний давления в звуковой волне равна  $\Delta p$ . Найти поток энергии  $J$  через площадку  $S$ , перпендикулярную к направлению распространения волны.

8.16. В двух стержнях одинаковой длины из разных материалов возбуждены поперечные колебания на основной частоте. Первый стержень закреплен с обоих концов, частота его колебаний  $\nu_1 = 1000$  Гц. У второго стержня закреплен один конец, скорость звука в нем  $c_2 = 2000$  м/с. Стержни дают биения с частотой  $f = 10$  Гц. Какова скорость звука  $c_1$  в первом стержне?

8.17. Две одинаковые струны колеблются на основной частоте  $\nu = 600$  Гц. Во сколько раз надо увеличить натяжение одной из струн, чтобы они давали биения с частотой  $f = 60$  Гц?

8.18. В стоячей волне на струне длиной  $L = 120$  см все точки с амплитудой смещения  $a = 3,5$  мм отстоят друг от друга на расстояние  $l = 20$  см. Какова максимальная амплитуда смещения  $a_m$ ?

8.19. Неподвижный источник звука излучает плоские волны на частоте  $\nu$ . Скорость звука в воздухе равна  $c$ . Стенка удаляется от источника со скоростью  $u$  ( $u < c$ ). Отраженная от стенки волна и волна от источника

создают биения, которые слышит неподвижный наблюдатель, стоящий рядом с источником. Какова частота  $f$  биений?

8.20. Укорочение длины струны на 10 см при неизменной силе её натяжения приводит к повышению частоты колебаний в полтора раза. Какова исходная длина  $L$  струны?

8.21. Натяжение струны из материала плотности  $\rho$  равно  $F$ . Диаметр поперечного сечения струны  $d$ . В струне возбуждаются колебания с частотой  $\nu$  и при этом на ней укладывается  $n$  полуволн. Какова длина струны?

8.22. Стержень, закрепленный с одного конца, звучит на основной частоте  $\nu = 700$  Гц. Длина стержня  $L = 0,5$  м. Определить частоту второго обертона.

8.23. В однородной упругой среде распространяется плоская волна смещения частиц  $\xi(x,t) = a \cdot e^{-\gamma \cdot x} \cdot \cos(\omega \cdot t - k \cdot x)$ , где  $a$ ,  $\gamma$ ,  $x$ ,  $\omega$  и  $k$  – заданные постоянные величины. Найти разность фаз колебаний в точках, где амплитуды смещений частиц среды отличаются друг от друга в  $e$  раз.

8.24. Точечный изотропный источник звука мощности  $P$  находится в центре круглого полого цилиндра радиуса  $R$  и длины  $L$ . Найти средний поток энергии, падающий от источника на боковую поверхность цилиндра.

8.25. Поезд приближается к туннелю в отвесной скале со скоростью  $u = 5$  м/с. Машинист дает гудок частоты  $\nu = 340$  Гц. Скорость звука  $c = 340$  м/с. Какова частота биений  $f$  звукового сигнала, который слышит машинист?