

боковой ветер со скоростью 20 м/с перпендикулярно линии полета? Скорость самолета относительно воздуха 328 км/ч. (Ответ: на 9 мин.)

2. При переправе через речку шири-

ной 80 м надо попасть в точку, лежащую на 60 м выше по течению, чем точка старта. Лодочник управляет моторной лодкой так, что она движется точно к цели со скоростью 4,5 м/с

относительно берега. Какова при этом скорость лодки относительно воды, если скорость течения 2,1 м/с? (Ответ: 6 м/с.)

# Печаль или радость

К.БЛИОХ

*Если можно о чем скорбеть,  
Значит, можно чему улыбаться.*

С.Есенин

**Ч**ТО СВОЙСТВЕННО ЧЕЛОВЕКУ: грустить или радоваться, скорбеть или улыбаться, быть оптимистом или пессимистом? Этот философский вопрос на протяжении многих веков обсуждали лучшие умы человечества и, естественно, давали разные ответы. И, как всегда в таких «глубоких» вопросах, каждый был по-своему прав. Я не знаю, на какую чашу весов выпало большее число ответов, но мне почему-то кажется, что на чашу радости.

Попробуем ответить на поставленный вопрос, опираясь только на элементарную физическую основу явлений, на известные нам экспериментальные данные и на... музыку. Воспользуемся тем, что практически все люди, слушая музыку, испытывают похожие (конечно, в грубом приближении) эмоциональные переживания. В основе этого лежит музыкальный мажор-минорный дуализм. Согласно классической теории музыки, музыкальные лады делятся на мажорные и минорные. При этом мажорные лады воспринимаются человеком как носители бодрой, радостной, светлой окраски, а минорные – унылой, печальной, сумрачной. Чем же отличаются мажорные и минорные лады с физической точки зрения?

**Ноты.** Музыкальные звуки записываются, в большинстве своем, нотами. Нота определяет высоту звучания данного звука, т.е. физически – основную частоту колебаний в его спектре. Шкала нот соответствует логарифму частотной шкалы. Музыкальный интервал между нотами, частота которых отличается в 2 раза, всегда равен октаве. Чтобы получить все ноты в пределах одной октавы, нужно октаву раз-

делить на 12 равных музыкальных интервалов – полутонов. Итак, если исходная нота (положим, *до*) имеет основную частоту  $\omega_0$ , то основные частоты остальных нот определяются по формуле

$$\log_2 \omega_n = \log_2 \omega_0 + n \frac{\log_2 2\omega_0 - \log_2 \omega_0}{12} = \log_2 \omega_0 + \frac{n}{12},$$

или

$$\omega_n = \omega_0 \cdot 2^{n/12},$$

где  $n$  – целое число. При  $n = 0$  формула определяет основную частоту исходной ноты, при  $n = 1$  – ноты на полтона выше, при  $n = -1$  – ноты на полтона ниже и т.д. При  $n = \pm 12$  мы получаем основные частоты нот на октаву выше и ниже исходной.

Музыкальная шкала звуков имеет циклическую структуру. Ноты, отличающиеся на октаву друг от друга, в определенном смысле тождественны друг другу. А именно, добавление к данному созвучию (аккорду) ноты, звучащей на октаву выше уже имеющейся в нем ноты, не изменяет его эмоциональную окраску, а затрагивает только тембральную сторону его звучания. (Это связано с тем, что в спектре каждого звука присутствует, кроме основной его частоты, частота звука на октаву выше и все его обертоны – см. Дополнение). Поэтому ноты получили собственные названия только в пределах одной октавы, дальше они циклически повторяются с добавлением только номера октавы, в которой они расположены.

В таблице 1 приведены названия нот, соответствующие им числа  $n$ ,

величина и название музыкальных интервалов, которые они составляют с исходной нотой. Пунктирные линии разделяют ноты разных октав. Знаки «плюс» и «минус» перед названием и величиной интервала означают, что интервал откладывается, соответственно, вверх и вниз от начальной ноты. При сложении интервалов конечная нота первого интервала является начальной для второго.

**Мажор и минор.** Теперь мы можем определить понятия мажорного и минорного ладов. Мажорным (минорным) ладом называется лад, опорные звуки которого образуют мажорное (минорное) трезвучие. Мажорное (минорное) трезвучие состоит из трех звуков: первого – основного, второго – на большую (малую) терцию выше основного, третьего – на квинту выше основного. Таким образом, разница между мажором и минором заключается в положении среднего звука (терции) соответствующего трезвучия. Согласно таблице 1, до-мажорное и до-минорное трезвучия составляют ноты

*до – ми – соль* ( $n = 0, 4, 7$ )

и

*до – ми-бемоль – соль* ( $n = 0, 3, 7$ ).

Поистине удивительно, что минимальное отличие в положении одной ноты определяет две основополагающие противоположности: мажор и минор, радость и печаль в нашем настроении!

Любопытно, что мажорное и минорное трезвучия являются обратными друг другу не только в эмоциональном, но и в математическом смысле. Действительно, мажорное трезвучие состоит из последовательно отложенных большой, а затем малой терции ( $4 + 3$ ; рис.1,а). Минорное трезвучие состоит из этих же интервалов, но в обратном порядке: малая терция, затем большая ( $3 + 4$ ; рис.1,б). Если мы зеркально отразим ноты трезвучия относительно произвольной точки нотной шкалы, то интервалы будут следовать в обратном порядке: мажорное трезвучие переходит в минорное и наоборот. А вспомнив, что нотная шкала соответствует логариф-