Таблица 2

m	n	Название ноты	Музыкальный интервал относительно основного тона
1	0	до	прима
2	12	до	октава
3	19,02	соль	октава + квинта
4	24	до	две октавы
5	27,9	ми	две октавы + большая терция

тонов и соответствующие им ноты, определенные по таблице 1.

Мы видим, что первые четыре обертона приближенно соответствуют нотам *до*, *ми*, *соль*, составляющим аккорд мажорного трезвучия. (Напомним, что отличие в нотах на октаву не играет роли при определении эмоционального характера аккорда.) Более того, в первых пятнадцати обертонах ноты *до*, учитываемых в музыкальной акустике, нет ноты *ми-бемоль*, которая соответствует минорному трезвучию. Заметим также, что ноты не в точности соответствуют природным обертонам звуков – мы получили нецелые значения n. Это показывает приближенность введенного европейской цивилизацией нотного строя. (Эта приближенность называется темперацией, и она необходима, чтобы построить столь удобную циклическую нотную систему (см. Дополнение).) Тем не менее, с хорошей точностью (которая удовлетворяет слушателей уже четыре столетия) можно утверждать, что в любом природном звуке, будь то звон капли дождя, скрип дерева, птичий свист или звучание музыкального инструмента, мы всегда слышим мажорный аккорд.

Итак, каждый человек (в том числе и тот, который не знает ни нотной грамоты, ни физических основ акустики) однозначно воспринимает мажорную музыку как носителя разнообразных эмоций радости, а минорную – как носителя печальных эмоций. Иными словами, человек инстинктивно или подсознательно воспринимает свойственную природе музыку как радостную и несвойственную – как печальную. А если учесть, что человек также есть часть природы, то можно предположить, что эмоции радости более свойственны человеку, нежели эмоции печали.

В заключение отметим, что приведенные рассуждения следует воспринимать лишь как любопытный факт, демонстрирующий тесную взаимосвязь (даже на элементарном уровне) физических, культурных и духовных сфер бытия. Однако отсюда не следует делать каких-либо однозначных практических выводов. Во-первых, потому что природа устроена гораздо сложнее и богаче, а во-вторых, потому что в других сферах законы физики могут и не действовать – как известно, всякий закон имеет свою область применимости.

Дополнение. Как строится нотная система

До сих пор мы говорили о существующем нотном строе и природных обертонах звуков как о независимых явлениях. На самом деле взаимосвязь между ними не случайна, и первичными являются обертоны звуков (они существовали в природе задолго до появления человека). Представления же о музыке как об определенных гармонично звучащих созвучиях появились именно из-за взаимодействия обертонов разных звуков.

Нота первого обертона. Октава. Чтобы ввести нотную шкалу, нужна какая-то условная точка отсчета. Пусть ею будет нота с основной частотой ω_0, частоты обертонов которой описываются формулой

$$\omega_{m-1} = m\omega_0 .$$

Рассмотрим теперь ноту, построенную на первом обертоне исходной ноты: $\omega_1 = 2\omega_0$. Частоты ее обертонов будут вычисляться по формуле

$$\omega_{m-1} = m\omega_1 = 2m\omega_0 .$$

Видно, что основной тон и все обертоны ноты первого обертона содержатся в обертонах исходной ноты: $(m-1)$-й обертон первой является $(2(m-1))$-м обертоном второй (рис.3,*а* и *б*). Это определяет гармонию в созвучии таких нот и объясняет то, что мы воспринимаем их как эмоционально эквивалентные. Таким образом мы приходим к октаве, главному естественно введенному нотному интервалу.

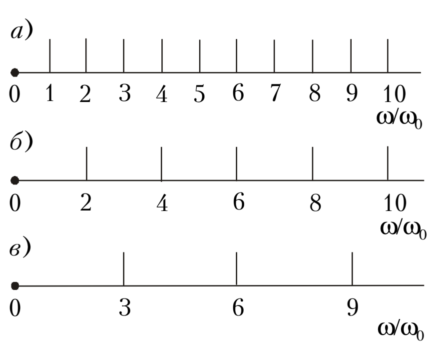

Рис.3. Частоты, соответствующие основному тону и обертонам: а) исходной ноты, б) ноты первого обертона, в) ноты второго обертона

Далее мы будем исходить из эквивалентности нот, частоты которых отличаются в 2 раза. Поэтому нотная последовательность будет обладать определенной цикличностью – достаточно определить все ноты в интервале частот $[\omega_0, 2\omega_0)$, а потом повторить подобным образом в интервалах $[2\omega_0, 4\omega_0)$, $[4\omega_0, 8\omega_0)$ и т.д. Для этого удобно изображать частоты нот в виде точек на окружности, согласно формуле

$$\alpha = 2\pi \log_2 \frac{\omega}{\omega_0} ,$$

где α – угловая координата, соответствующая данной частоте ω и откладываемая по часовой стрелке от нулевого значения, связанного с исходной частотой ω_0. Из формулы видно, что увеличение частоты в 2 раза соответствует прибавлению угла 2π и оставляет точку на прежнем месте. При таком подходе октава эквивалентна нулевому элементу множества интервалов – приме, и ее недостаточно для построения нетривиальной нотной системы.

Нота второго обертона. Квинта. Чтобы получить нетривиальный интервал, рассмотрим ноту, построенную на втором обертоне исходной ноты: $\omega_2 = 3\omega_0$. Все ее обертоны $\omega_{m-1} = m\omega_2 = 3m\omega_0$ также содержатся в обертонах исходной ноты, но расположены они более редко и соответствуют более слабым (высоким) обертонам исходной ноты по сравнению с нотой первого обертона (см. рис.3,*а* и *в*). А главное, что среди обертонов ноты второго обертона есть такие, которые не содержатся в обертонах ноты первого обертона (см. рис.3, *б* и *в*). Поэтому можно считать, что мы имеем дело с новой, вполне самостоятельной нотой. Интервал между нотами первого н второго обертонов есть квинта. Квинте соответствует угловой интервал

$$\alpha_q = 2\pi \log_2 \frac{\omega_2}{\omega_1} = 2\pi(\log_2 3 - 1) \approx 2\pi \cdot 0{,}585 ,$$

откладываемый от точки исходной ноты на окружности. (Мы учли эквивалентность положения на окружности исходной ноты и ноты первого обертона.)

Построение нотной системы на квинтах. С помощью квинты уже можно построить всю нотную систему. Действительно, введенная нами начальная нота условна, нотная система не должна зависеть от ее выбора. Построив одну квинту относительно исходной ноты, мы должны отложить квинту и от полученной ноты и от всех последующих, потому что любая из них может быть выбрана в качестве начальной (рис.4,*а*). Так будет