

НЕСКОЛЬКО ЛЕКЦИОННЫХ ДЕМОНСТРАЦИЙ

1. ДЕМОНСТРАЦИЯ ФОРМ ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

Для демонстрации форм гармонических колебаний существует ряд опытов, которые страдают тем или иным недостатком. Например, демонстрация формы гармонического колебания с помощью высыпавшегося мелкого песка из колеблющейся чашечки на доску, передвигающуюся с постоянной скоростью, плохо просматривается большой аудиторией.

Известно, что при движении точки с постоянной угловой скоростью по окружности ее проекция на диаметр совершает гармоническое колебание. Это и положено нами в основу приборов для демонстрации форм гармонических колебаний, а именно. 1) прибор, использующий диск со стержнями, 2) прибор, использующий диск с просверленными отверстиями.

*) Поскольку интерферометр работает в сходящемся пучке, рабочей поверхностью является небольшая часть пластин. Поэтому, даже если при юстировке семейство колец обнаруживало некоторые дефекты из-за несовершенств шлифовки поверхностей, это может не сказаться заметно на демонстрации.

1. Прибор, использующий диск со стержнями. Основной частью прибора является диск (рис. 1, а), который крепится на валу электромотора и вращается при помощи его с постоянной угловой скоростью. На диске имеется ряд отверстий 1—9 (рис. 1, б), в которые могут вставляться стержни перпендикулярно плоскости диска.

Если стержень укрепить в отверстии 1 и послать пучок света от проекционного фонаря параллельно поверхности диска, то при равномерном вращении диска тень от стержня 1 будет совершать гармоническое колебательное движение.

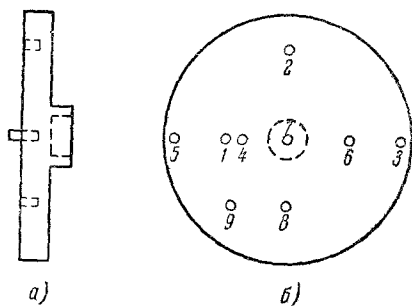


Рис. 1.

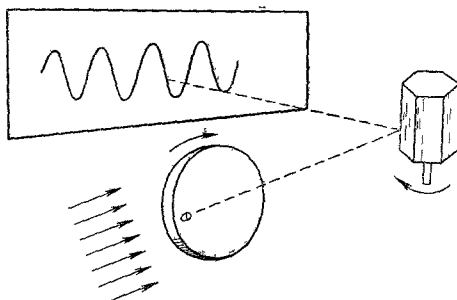


Рис. 2.

На некотором расстоянии от диска устанавливается вращающееся многогранное зеркало (рис. 2), с помощью которого эти колебания разворачиваются в синусоиду (рис. 3, а), которая хорошо просматривается на большом экране.

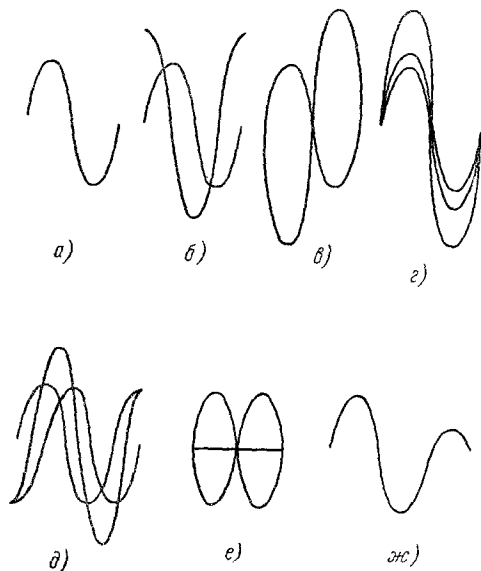


Рис. 3.

При помощи этого прибора можно также продемонстрировать следующее:

1) форму колебаний смещения S и скорости v гармонического колебания, сдвинутых по фазе на $\pi/2$ (рис. 3, б); при этом стержни установлены в отверстиях 1 и 2 (см. рис. 1, б);

2) форму колебаний смещения S и ускорения a , сдвинутых по фазе на π (рис. 3, в); стержни установлены в отверстиях 1 и 3;

3) сложение колебаний с одинаковыми периодами, амплитудами и фазами (рис. 3, г); стержни вставлены в отверстия 1, 4 и 5;

4) сложение колебаний с одинаковыми периодами, амплитудами и разными фазами (рис. 3, д); стержни установлены в отверстиях 1, 8 и 9;

5) сложение колебаний с одинаковыми периодами, амплитудами и противоположными фазами (рис. 3, е); стержни установлены в отверстиях 1, 6 и 7.

С помощью этого диска можно продемонстрировать и форму затухающих колебаний. Для этого между стержнями 3 и 5 натягивается пружина,

в средней части которой укреплен стержень. Если диск неподвижен и стержень колеблется, то на экране хорошо просматривается форма затухающих колебаний (рис. 3, ж).

2. Прибор, использующий диск с просверленными отверстиями. На диске проводят окружность радиуса r , как указано на рис. 4, а. Затем длину этой окружности делят на равное число частей. Из точки 0 к точкам деления окружности проводят линии. Затем в этих направлениях внутри диска просверливают отверстия. От проекционного фонаря на этот диск направляют параллельный пучок света. Если диск привести во вращение с постоянной угловой скоростью, то световой зайчик, прошедший через диск, начнет совершать гармоническое колебательное движение. Амплитуда его будет r . Это гармоническое колеба-

тельное движение с помощью многогранного зеркала, установленного на некотором расстоянии от диска, разворачивается в точечную синусоиду, которая хорошо просматривается на экране. На рис. 5 изображена принципиальная схема установки.

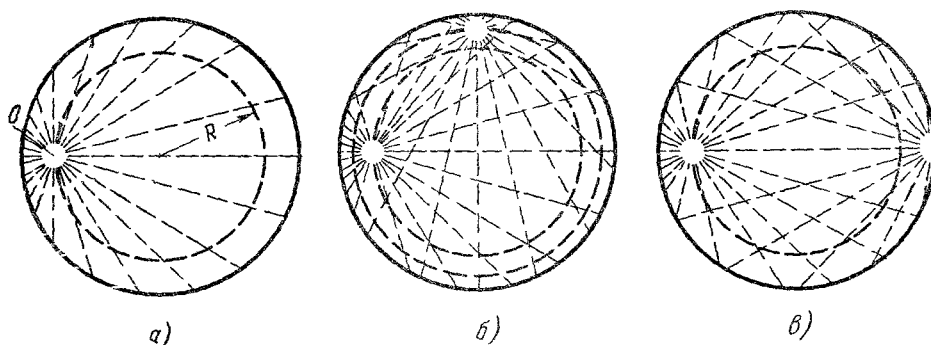


Рис. 4.

Если взять диск, в котором отверстия просверлены так, как указано на рис. 4, б, то можно продемонстрировать форму колебаний смещения S и скорости v , сдвинутых по фазе на $\pi/2$.

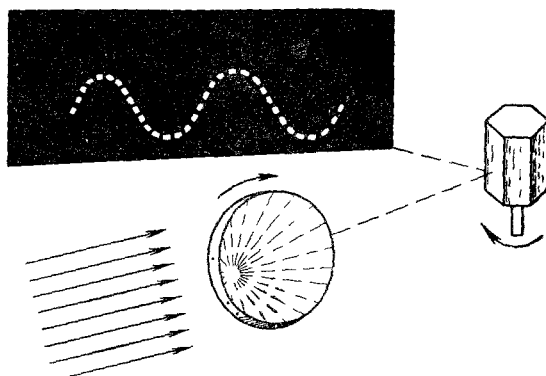


Рис. 5.

Диск с отверстиями, просверленными так, как показано на рис. 4, в, позволяет демонстрировать форму колебаний смещения S и ускорения a , сдвинутых по фазе на π .

II. ДЕМОНСТРАЦИЯ ФИГУР ЛИССАЖУ

Для демонстрации фигур Лиссажу предлагается установка, принципиальная схема которой изображена на рис. 6. Основной составной частью ее являются одинаковые цилиндры I и II с прорезями. Прорези делают следующим образом. На сечении цилиндра проводят окружность радиуса R (рис. 7). Затем длину этой окружности делят на определенное число равных частей, например на 16, причем для лучшей наглядности на рис. 6 и 7 цилиндры имеют восемь прорезей. Через точку O и точки деления окружности проводят линии $01, 02, 03, \dots, 07$, а также линию, перпендикулярную диагональной линии $0A$ (см. рис. 7). Затем в этих направлениях делают пропилы перпендикулярно сечению цилиндра на глубину $2R$.

Цилиндр I устанавливают у проекционного фонаря и направляют на него параллельный пучок света. Цилиндр укреплен на валу электромотора. При вращении цилиндра с постоянной угловой скоростью на экране получится светлая полоска, совершающая гармоническое колебательное движение. Различные ее положения $1-9$ изображены на рис. 8. Располагают такой же цилиндр II перпендикулярно первому, затем его приводят во вращение с постоянной угловой скоростью (причем первый цилиндр удален от проекционного фонаря). Тогда светлая полоска на экране будет занимать положения $1', 2', 3', 4', 5', 6', 7', 8', 9'$ (см. рис. 8).

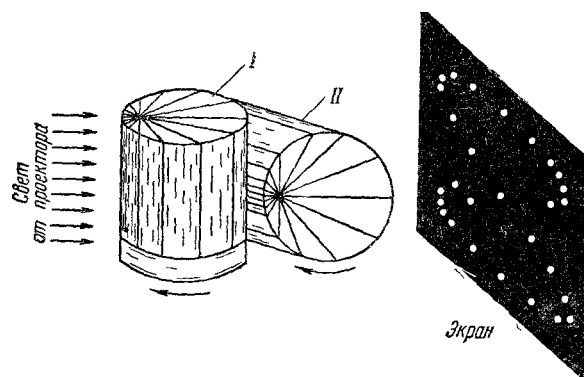


Рис. 6.

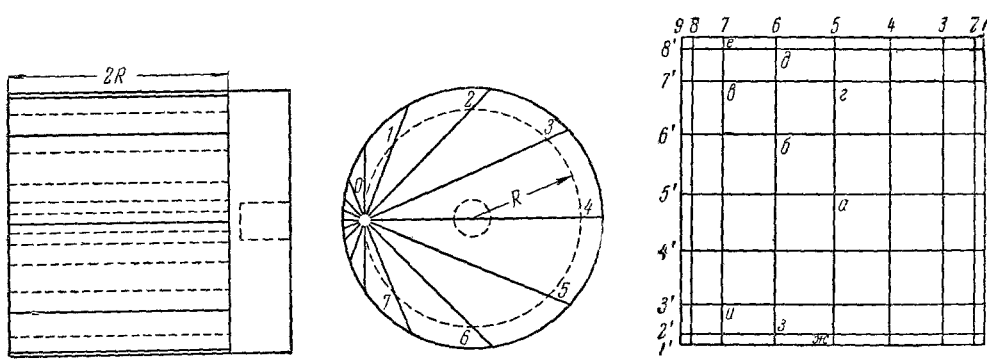


Рис. 7.

Рис. 8.

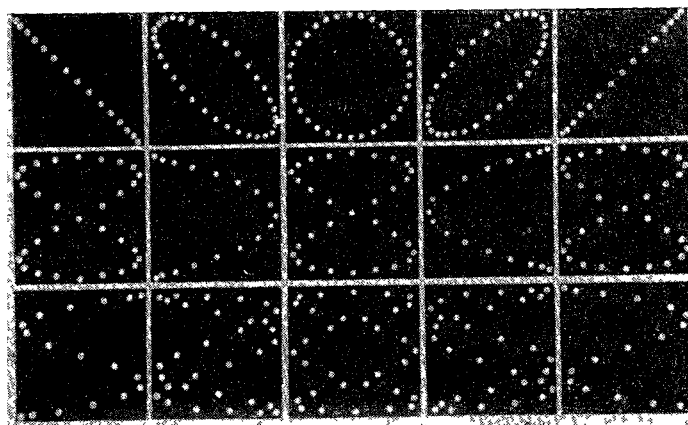


Рис. 9.

Затем цилиндры *I* и *II* устанавливают перед проекционным фонарем перпендикулярно друг другу (см. рис. 6). Если цилиндры *I* и *II* неподвижны, то на экране получается светлая точка. При вращении цилиндров светлая точка, участвуя одновременно в двух взаимно перпендикулярных колебаниях, начнет описывать на экране фигуры Лиссажу.

Вращая цилиндры с одной и той же постоянной угловой скоростью ($\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{1}$), в зависимости от разности фаз $\varphi_1 - \varphi_2$, т. е. начального взаимного положения прорезей двух цилиндров, получим первый ряд фигур Лиссажу (рис. 9). Так, например, при $\varphi_1 - \varphi_2 = 0$ светлая точка будет занимать положения *a*, *b*, *c* и т. д. (см. рис. 8) и будет совершать колебание по прямой (рис. 9). При разности фаз $\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{\pi}{4}$ светлая точка начнет занимать положения *a*, *b*, *c* и т. д. (см. рис. 8) и на экране опишет эллипс (см. рис. 9). Если же разность фаз $\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{\pi}{2}$, то светлая точка начнет двигаться, занимая положения *ж*, *з*, *и* и т. д. На экране получится окружность (см. рис. 9).

Если вращать цилиндры так, чтобы угловая скорость одного цилиндра была больше угловой скорости другого в два раза ($\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{2}$), то получим второй ряд фигур Лиссажу (см. рис. 9). При другом соотношении скоростей вращения, например $\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{3}$, и различных разностях фаз $\varphi_1 - \varphi_2$, получают третий ряд фигур Лиссажу (см. рис. 9).

Установка позволяет наблюдать направление обхода фигур Лиссажу.

III. ДЕМОНСТРАЦИЯ ЭФФЕКТА ДОПЛЕРА В АКУСТИКЕ

Известно, что если отражающий волны предмет движется, то из-за эффекта Доплера длина волны, а следовательно, и частота отраженных от него волн будут отличаться от длины волны и соответственно частоты посланных волн. Это и положено в основу демонстрации эффекта Доплера в акустике.

На рис. 10 изображен внешний вид установки, где 1 — звуковой генератор ЗГ-3, 2 — цилиндр, укрепленный на центробежной машине, 3 — динамик. Звуковые волны

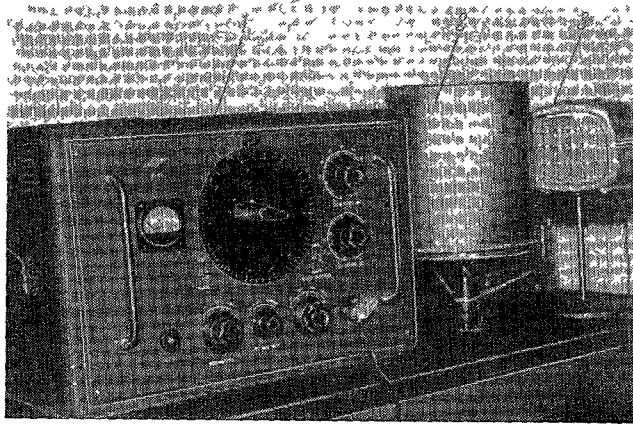


Рис. 10.

от динамика, питаемого звуковым генератором, направляются на цилиндр, вращающийся около вертикальной оси. Так как цилиндр вращается, то звуковые волны отраженные от цилиндра, будут состоять из сигналов с частотами, большей и меньшей частоты падающей звуковой волны. При наложении этих отраженных волн получаются биения звуковых волн, которые хорошо прослушиваются большой аудиторией.

В. А. Трофимов, В. В. Семенов

