O tubo de Kundt foi o experimento mais famoso realizado pelo cientista August Kundt no campo do som, e foi publicado em 1866. O objetivo deste instrumento era o estudo de ondas estacionárias e, posteriormente, a velocidade de ondas sonoras em diferentes gases.

Wilhelm Eduard Weber, físico alemão do século XIX, investigou a transferência de movimento de oscilações longitudinais pelo ar, determinando a velocidade do som em corpos e gases sólidos. Se as vibrações longitudinais forem introduzidas em um tubo de vidro aberto nas duas extremidades e mantido horizontalmente, contendo pós de licopódio, pode-se observar que ele se acumula nas áreas correspondentes aos nós. Por outro lado, se o tubo for fechado por rolhas, o pó não será mais distribuído uniformemente, mas formará uma série de pilhas, cada uma consistindo em várias linhas finas. Se o tubo fosse esfregado novamente, o pó se espalharia novamente e, quando o som voltasse, ele se depositaria novamente da mesma maneira. Porém, se o som for interrompido repentinamente, você poderá ver as mesmas acumulações de poeira, mas as linhas finas desaparecem e toda a aparência da figura será diferente. As acumulações são devidas a vibrações permanentes e a separação entre elas corresponde a metade do comprimento de onda.

Essas figuras em pó fornecem um meio conveniente de determinar a velocidade do som em sólidos e gases. Como a velocidade do som no ar é conhecida para uma determinada temperatura (uma vez que a distância de dois montes consecutivos de poeira é igual à metade do comprimento da onda sonora), é possível determinar o número de vibrações do sinal. a coluna de ar e, como esse sinal é o mesmo do tubo, você também pode obter o número de vibrações do material do tubo. A velocidade do som em um gás fechado pode ser calculada usando o comprimento de onda do gás observado e as vibrações mencionadas acima.

As ondas estacionárias são um caso particular do fenômeno da interferência das ondas, pois são formadas pela superposição de duas ondas com amplitudes e comprimentos de onda iguais, que se movem na mesma direção, mas em direções opostas. É o que acontece, por exemplo, em um tubo de som. Este tipo de ondas confinadas em um espaço, como uma corda, um tubo de ar ou uma membrana, também levam à formação de um modo normal de vibração. No caso do tubo de Kundt, ondas estacionárias são encontradas dentro de um tubo que normalmente tem uma extremidade fechada. Quando o tubo é fechado nas duas extremidades, é chamado de tubo fechado. A justificativa para a formação de ondas estacionárias e modos normais é aplicável a instrumentos musicais, como instrumentos de sopro, uma vez que são geradas ondas confinadas em tubos de som ou instrumentos de corda, já que as ondas são geradas nelas confinado em cordas.

Nas ondas estacionárias do tubo, cada molécula de gás oscila em torno de sua posição de equilíbrio quando o tubo é excitado a uma certa frequência. Existem dois tipos de posições importantes em ondas estacionárias: nós e ventres. Os nós são aquelas posições em que as moléculas permanecem imóveis e os ventres são aquelas posições em que as moléculas têm um movimento oscilatório com a amplitude máxima. Esta amplitude na ausência de absorção e amortecimento seria o dobro da amplitude das ondas que inicialmente se sobrepõem para formar a mesma.

A equação que descreve uma onda estacionária pode ser determinada a partir da superposição de uma onda incidente e uma onda refletida na mesma direção e sentidos opostos; as duas ondas têm o mesmo comprimento de onda e, em uma primeira aproximação, também têm a mesma amplitude. Deve ser notado que no final do tubo independente de estar aberto ou fechado existe uma onda refletida pela mudança de propriedades do meio, no caso do tubo aberto a amplitude da onda refletida pode ser consideravelmente menor. Para simplificar consideremos incialamente a mesma amplitude.

Onda incidente: $yi(x,t)=A\cdot sen(k\cdot x-w\cdot t)$ Aqui $k=2\cdot\pi/\lambda$ e $w=2\cdot\pi\cdot f$

Onda refletida: $yref(x,t)=A\cdot sen(-k\cdot x-w\cdot t+\pi)$

Onda resultante: $yres(x,t)= yi(x,t) + yref(x,t)$

$= A\cdot[sen(k\cdot x)\cdot cos(w\cdot t)- cos(k\cdot x)\cdot sen(w\cdot t) + sen(k\cdot x)\cdot cos(w\cdot t) + cos(k\cdot x)\cdot sen(w\cdot t)]$

$=2\cdot A\cdot sen(k\cdot x)\cdot cos(w\cdot t)$

Além de formar a onda de deslocamento, são geradas a onda de pressão e a densidade correspondentes e equivalentes. Ambas as ondas, a onda de pressão e a onda de densidade, estão fora de fase $\pi/2$ em relação ao deslocamento. Portanto, as posições dos nós e dos ventres da onda de deslocamento se tornarão ventres e nós, respectivamente, das de pressão e densidade.

A posição dos nós (posições de repouso) e dos ventres (posições de oscilação máxima e pressão minima) na onda estacionária pode ser deduzida da equação previamente exposta.

Nós: $sen(k\cdot x)=0$ $2\cdot\pi/\lambda\cdot x =n\cdot\pi$, sendo n=0,1,2... assim $x=n\cdot\lambda/2$

Ventres: $sen(k\cdot x)=+/-1$ $2\cdot\pi/\lambda\cdot x =(2\cdot n+1)\cdot\pi/2$, sendo n=0,1,2... assim $x=(2\cdot n+1)\cdot\lambda/4$

Das equações acima para nós e ventres, segue-se que a distância entre dois nós ou dois ventres consecutivos é sempre metade do comprimento de onda.

Os modos normais de vibração da onda estacionária dentro do tubo de som são gerados quando uma segunda condição final é imposta no outro lado do tubo. Com isso, é possível limitar a onda estacionária e obter a chamada condição de ressonância dentro dela. Para fazer isso, os possíveis valores que podem ser adquiridos por k e w (pela relação com a velocidade de propagação) ou λ e f são quantizados e são determinados pelas condições na outra extremidade do tubo (aberta ou fechada), que são as chamadas de condições de contorno.

Extremidade fechada, a variável deslocamento deve ser nula nesta extremidade, assim: $sen(k\cdot L)=0$ $2\cdot\pi/\lambda\cdot L =n\cdot\pi$, sendo n=1,2... assim $\lambda_n =2\cdot L/n$

Extremidade aberta, a variável deslocamento deve ser máxima nesta extremidade, assim:

$sen(k\cdot L)= +/-1$ $2\cdot\pi/\lambda\cdot x =(2\cdot n+1)\cdot\pi/2$, sendo n=0,1,2... assim $\lambda_n=4\cdot L/(2\cdot n+1)$

Notemos que a velocidade de propagação da onda somente depende das propriedades do meio e constante para qualquer modo de vibração, sendo definida por: $v=f_n\cdot\lambda_n$

Adicionalmente devemos notar que se o elemento sensor que estamos usando para detectar a onda sonora é um microfone convencional, ele é sensível a variações de pressão e não de deslocamento. Assim, nele temos uma máxima resposta elétrica quando detecte um ventre de pressão.