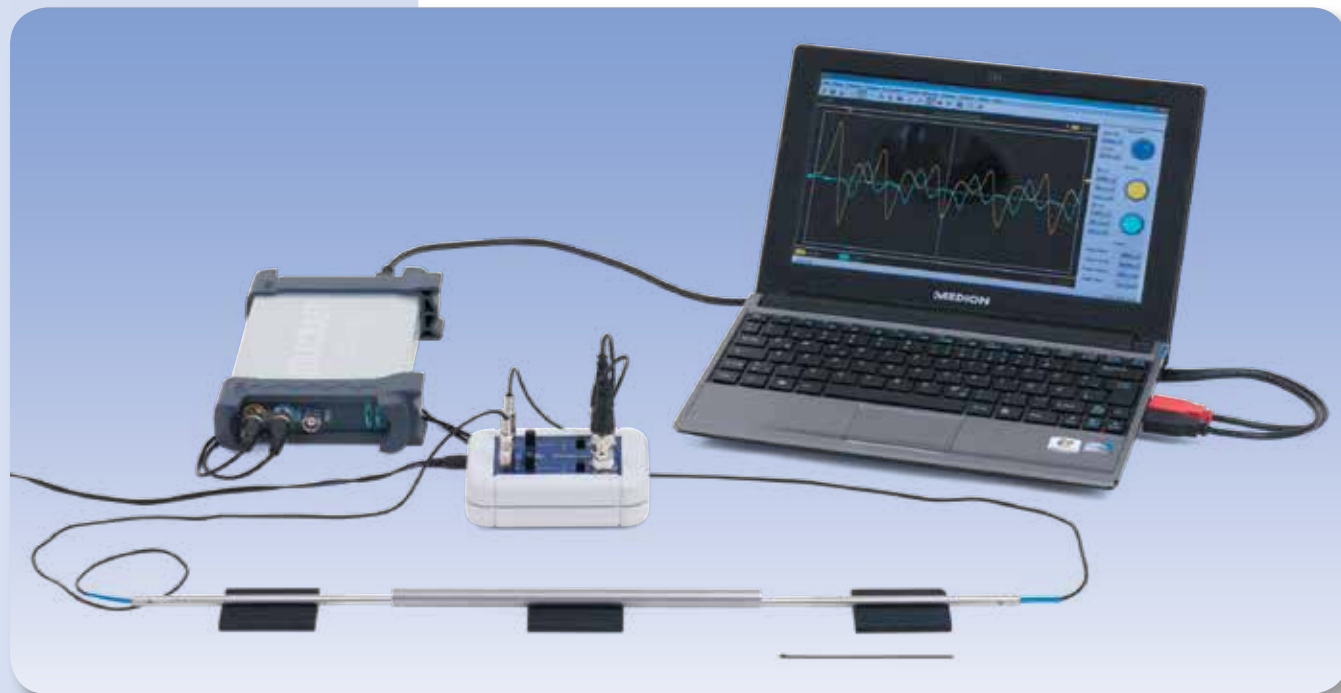




ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

- Возбудить импульсы продольных звуковых волн в стержнях и определить их с помощью двух микрофонных датчиков.
- Проанализировать с помощью осциллографа влияние материала и длины стержня на звуковые импульсы.
- Определить скорость распространения продольных звуковых волн в материале по времени прохождения импульсов по стержню.
- Определить модули упругости материалов по скорости распространения продольных волн и плотности материалов.



Технические сведения об оборудовании изложены на сайте 3bscientific.com

2

ЦЕЛЬ ОПЫТА

Исследование продольных звуковых волн в цилиндрических стержнях и определение скорости распространения продольных звуковых волн

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Звуковые волны в твердых телах могут распространяться в виде продольных, поперечных волн, волн сжатия-расширения или волн изгиба. Упругие продольные волны распространяются по стержню посредством периодической последовательности сжатий и растяжений по длине стержня. Если диаметр стержня мал по сравнению с его длиной, скорость распространения зависит только от модуля упругости и плотности материала. В этом опыте скорость определяется по времени, за которое звуковые импульсы проходят через стержень.

ТРЕБУЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Количество	Наименование	№ по каталогу
1	Набор оборудования по теме «Распространение звука в стержнях» (230 В, 50/60 Гц) Набор оборудования по теме «Распространение звука в стержнях» (115 В, 50/60 Гц)	U8557180-230 или U8557180-115
1	USB-осциллограф 2x50 МГц	U112491
2	Соединительный шнур с разъемом BNC, 0,5 м	U8557637

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

Звуковые волны распространяются не только в газах и жидкостях, но и в твердых телах. В твердых телах возможно возникновение продольных, поперечных волн, волн сжатия-расширения или волн изгиба.

Упругие продольные волны распространяются по стержню посредством периодической последовательности сжатий и растяжений по длине стержня. Растяжение вызывается возбуждением атомов, выходящих из состояния покоя. В стержне, диаметр которого значительно меньше длины, сжатие

в поперечном направлении пренебрежимо мало, коэффициент Пуассона $\mu = 0$ является хорошим приближением. В этом случае соотношение между изменениями во времени и пространстве напряжения сжатия σ и удлинения ξ определяется следующими уравнениями:

$$(1) \quad \frac{\partial \sigma}{\partial x} = \rho \cdot \frac{\partial v}{\partial t} \quad \text{и} \quad \frac{\partial v}{\partial x} = \frac{1}{E} \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial t}, \quad \text{где} \quad v = \frac{\partial \xi}{\partial t}$$

ρ : плотность материала стержня,

E : модуль упругости материала стержня

В результате получаются следующие волновые уравнения:

$$(2) \quad \frac{\partial^2 \sigma}{\partial t^2} = \frac{E}{\rho} \cdot \frac{\partial^2 \sigma}{\partial x^2} \quad \text{и} \quad \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = \frac{E}{\rho} \cdot \frac{\partial^2 v}{\partial x^2}$$

Скорость распространения продольных волн определяется выражением

$$(3) \quad c_l = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

В этом опыте продольные звуковые волны возбуждаются в виде импульсов в стержнях разной длины из разных материалов. Затем эти импульсы определяются на том конце стержня, где они возбуждаются, и на другом конце стержня с помощью микрофонных датчиков, и отображаются на экране осциллографа. Концы стержня действуют в качестве отражающих звук поверхностей, и поэтому звуковые импульсы распространяются по стержню назад и вперед. Время, необходимое для перемещения импульсов от одного конца стержня к другому, определяется по осциллограмме.

В длинных стержнях множество отраженных звуковых импульсов четко разделено во времени. В коротких стержнях они могут легко накладываться друг на друга и образовывать стоячие волны.

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Скорость продольных звуковых волн определяется по времени, за которое звуковые импульсы проходят через стержень и обратно, по следующей формуле:

$$(4) \quad c_l = \frac{2 \cdot L}{T}, \quad L: \text{длина стержня}$$

Это объясняется тем, что звуковой импульс преодолевает длину стержня дважды (до другого конца и обратно) за время T .

Модуль упругости для каждого из материалов определяется по формуле (3) на основании измеренной скорости распространения и плотности материала стержней, определяемой с помощью взвешивания.

Таблица 1. Скорость продольных звуковых волн c_l в различных материалах плотностью ρ и с модулем упругости E .

Материал	c_l (м/с)	ρ (г/см ³)	E (м/с)
Стекло	5370	2,53	73
Алюминий	5110	2,79	73
Древесина (бук)	5040	0,74	19
Нержавеющая сталь	4930	7,82	190
Медь	3610	8,84	115
Латунь	3550	8,42	106
Прозрачный акрил (плексиглас)	2170	1,23	6
ПВХ	1680	1,50	4

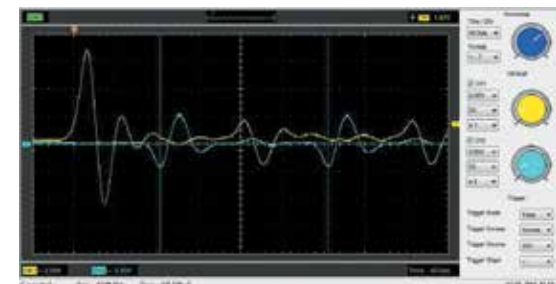


Рис. 1. Распространение звукового импульса, сигнал на возбужденном конце стержня (желтый) (стержень из нержавеющей стали, 400 мм)

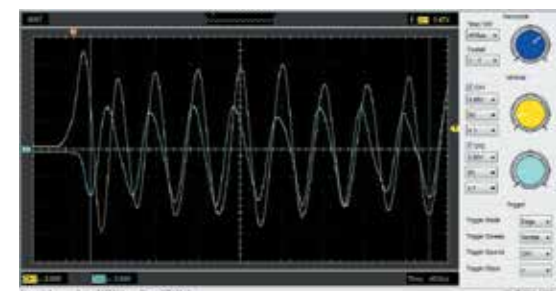


Рис. 2. Стоячая волна, сигнал на возбужденном конце стержня (желтый) (стержень из нержавеющей стали, 100 мм)

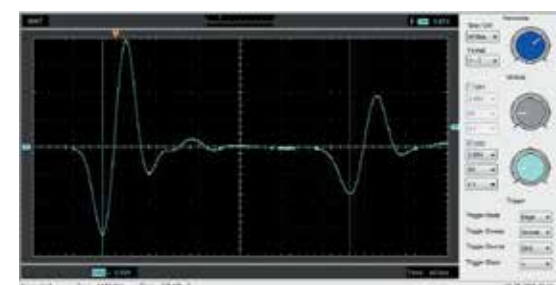


Рис. 3. Распространение звукового импульса (вверху: стержень из ПВХ, 200 мм, внизу: стеклянный стержень, 200 мм), сигнал на противоположном конце стержня от возбуждения (голубой цвет)

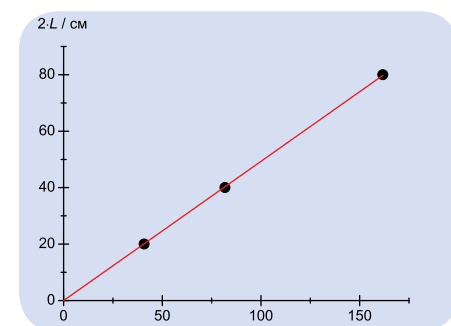


Рис. 4. Двойная длина стержней $2L$ как функция времени движения T в стержнях из нержавеющей стали.