

Специализированный учебно-научный центр
Уральского Государственного Университета им. А.М.Горького

Задача № 13. «Скорость звука»

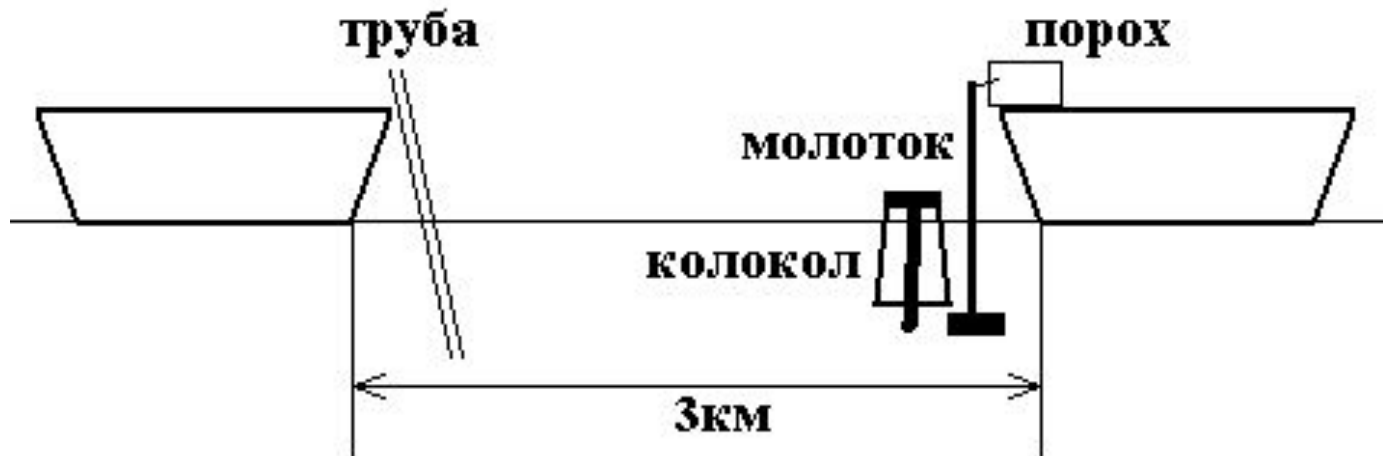
Докладчик: Самунь Виктор

Формулировка задачи

С помощью света измерьте
скорость распространения звука
в жидкостях.

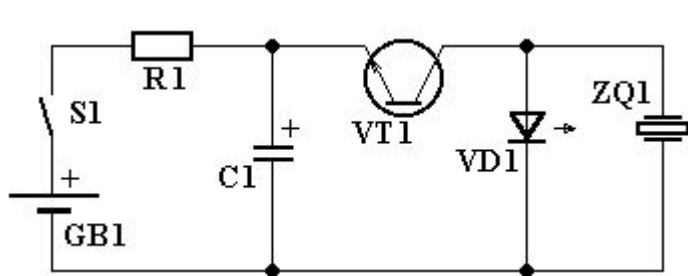
Измерение скорости звука на Женевском озере

Впервые скорость звука была измерена на Женевском озере в 1827г. Ж. Колладоном и Я. Штурмом. Они получили значение $1435^M/c$
Схема эксперимента приведена на рисунке.



Получение синхронных импульсов звука и света

■ Способ № 1 (на транзисторе КТ315):



GB1 – гальванический элемент (9В);

S1 – выключатель;

R1 – резистор;

C1 – конденсатор (100μФ × 16В);

VT1 – транзистор КТ315, работающий в лавинном режиме;

VD1 – светодиод (красный сверхяркий типа L7113 SRD-E);

ZQ1 – пьезоэлемент (пьезоизлучатель типа ЗП-1)

Расчет энергии, запасенной в конденсаторе:

$$E = \frac{CU^2}{2} = \frac{100 \cdot 10^{-6} \cdot 9^2}{2} \approx 5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$$

Напряжение разряда конденсатора в данной схеме ограничено 1,7В, т.к. светодиод работает в качестве стабилитрона с напряжением стабилизации около 1,7В.

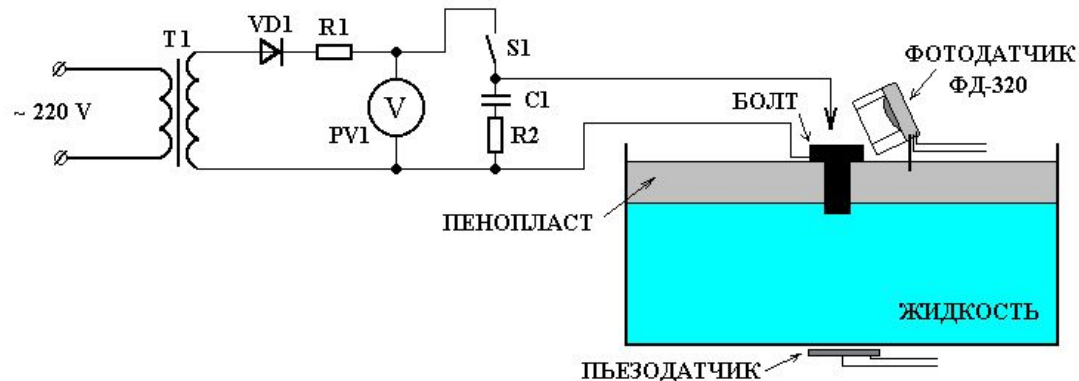
Видно, что энергия очень мала, поэтому мы не получили мощный импульс звука и света.

Мощный импульс звука необходим, чтобы его можно было зафиксировать датчиком звука.

Получение синхронных импульсов звука и света

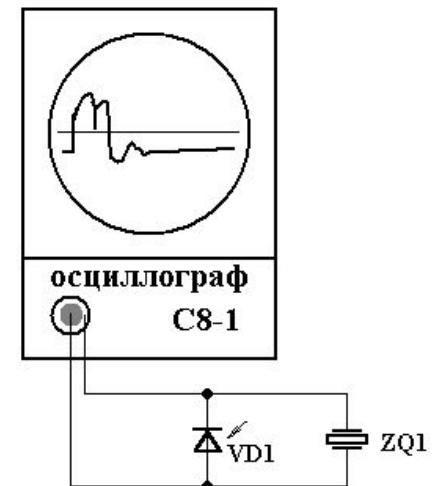
- Способ № 2 (разряд высоковольтного конденсатора):

Схема генератора импульсов:



T1 – повышающий трансформатор;
VD1 – диод (в качестве выпрямителя);
R1, R2 – резисторы;
S1 – выключатель;
PV1 – вольтметр;
C1 – высоковольтный конденсатор (880μФ × 5кВ)

Схема приемника импульсов:



VD1 – фотодиод (ФД-320);
ZQ1 – пьезоэлемент (ЗП-1)

Расчет энергии, запасенной в конденсаторе:

$$E = \frac{CU^2}{2} \approx 220 \text{ Дж}$$

Вид экспериментальной установки

Батарея конденсаторов и емкость с жидкостью



Параметры
конденсаторов



Вид частей экспериментальной установки

Емкость и пьезоэлемент



Фотодиод



Осциллограф



Установка фотодиода



Болт

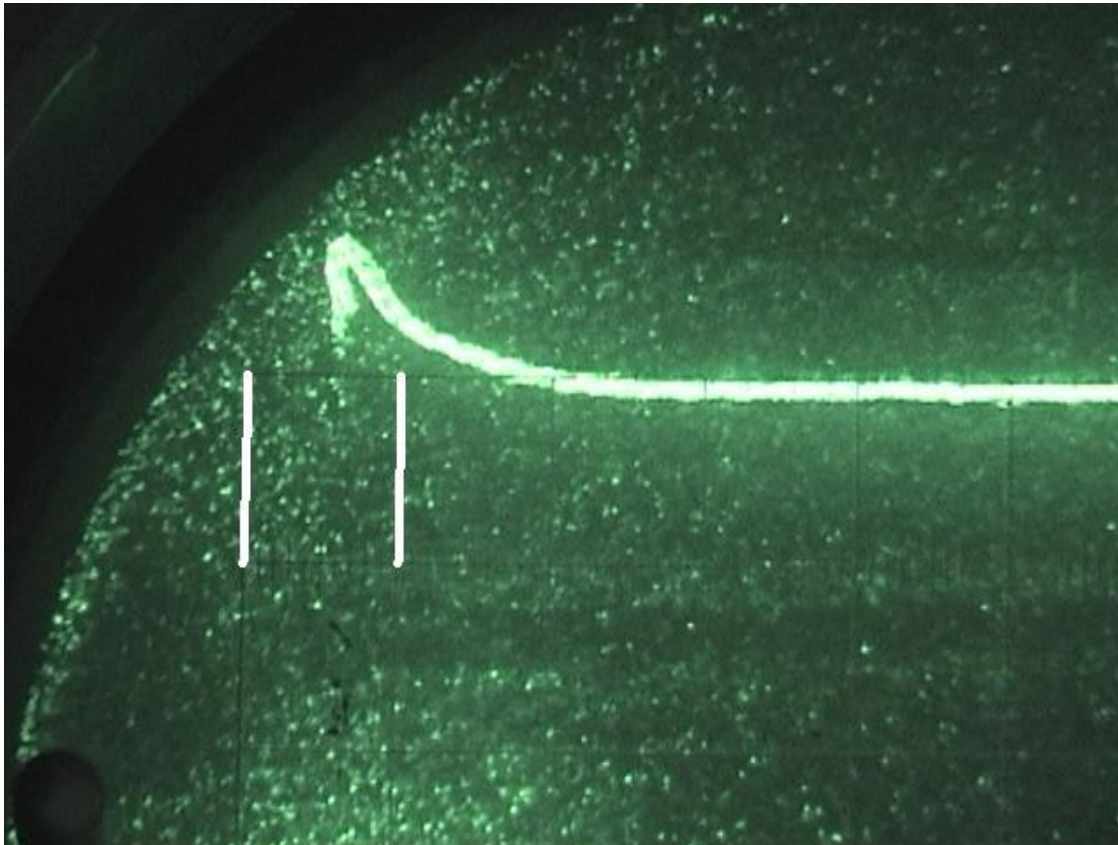


Параметры установки

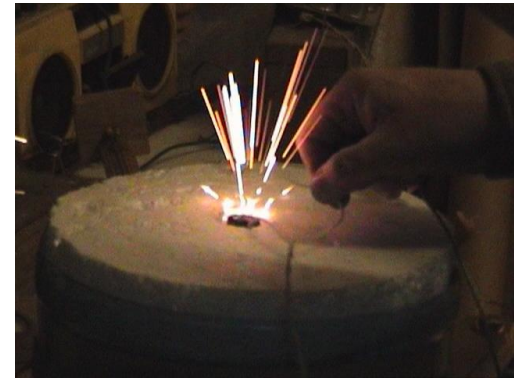
- Диаметр емкости: $(0,350 \pm 0,005)$ м;
- Расстояние от звукоизлучателя (болта) до звукоприемника (пьезоэлемента): $(0,065 \pm 0,005)$ м;
- Емкость батареи конденсаторов: (880 ± 10) мкФ;
- Напряжение на конденсаторах: (500 ± 10) В;
- Энергия в конденсаторах: 220Дж
- Типы жидкостей: вода, спирт этиловый, глицерин;
- Температура: $(22 \pm 2)^\circ\text{C}$

Чувствительность датчиков

- К осциллографу подключен только фотодиод:

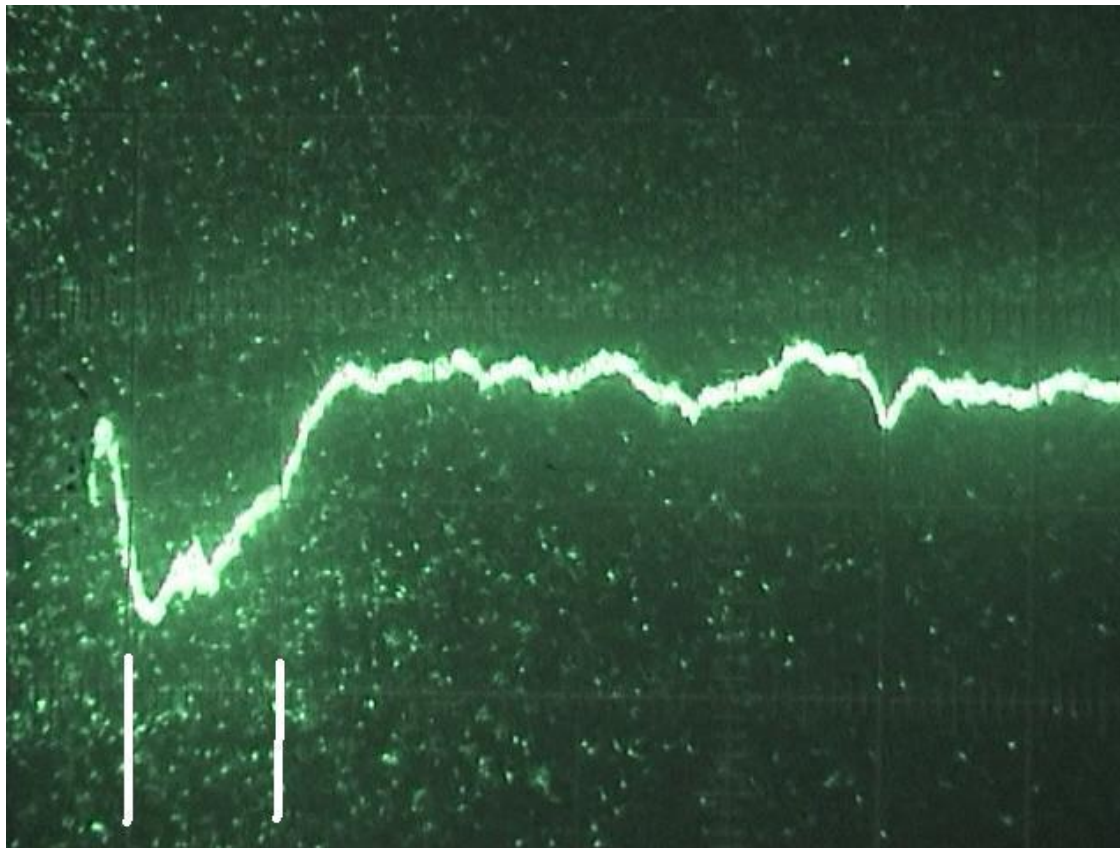


Вспышка света:

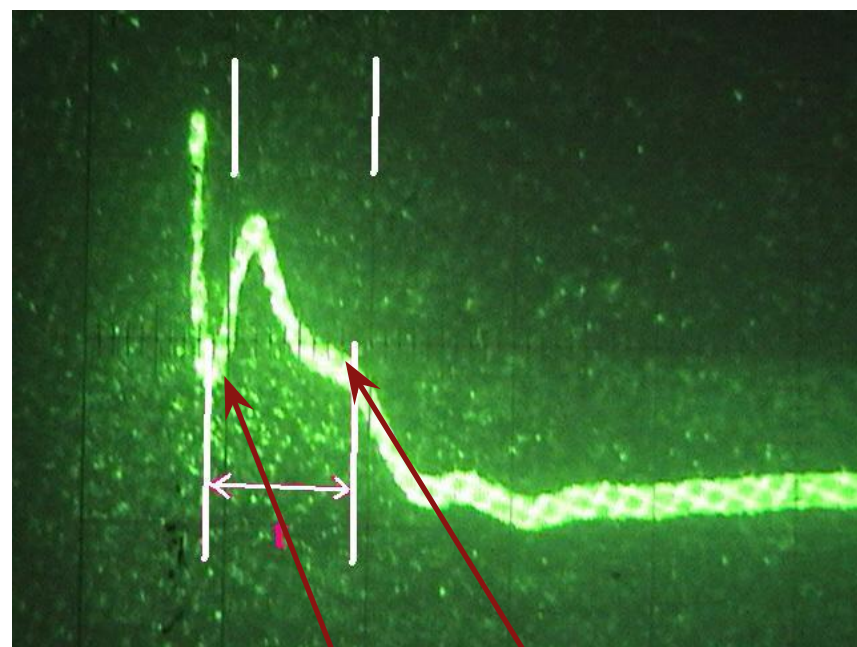
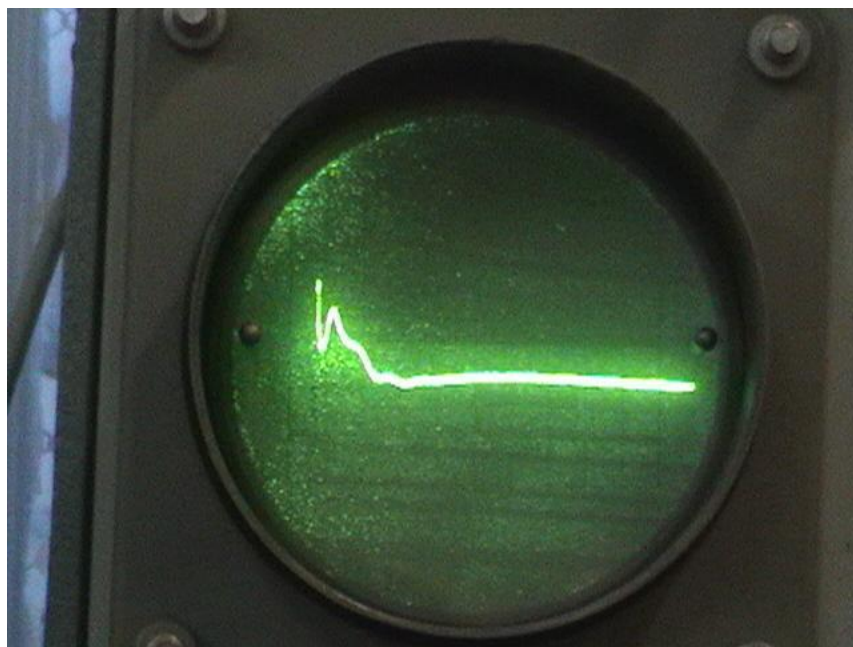


Чувствительность датчиков

- К осциллографу подключен только пьезоэлемент:



Общий результат: измерение скорости звука в воде



- Развертка по оси X: $50 \mu\text{с}/\text{дел}$
- $t = (50 \pm 10) \mu\text{с}$ (1 деление)
- $ut=L \Rightarrow u=(1300 \pm 300) \text{ м}/\text{с}$

Пришел
свет

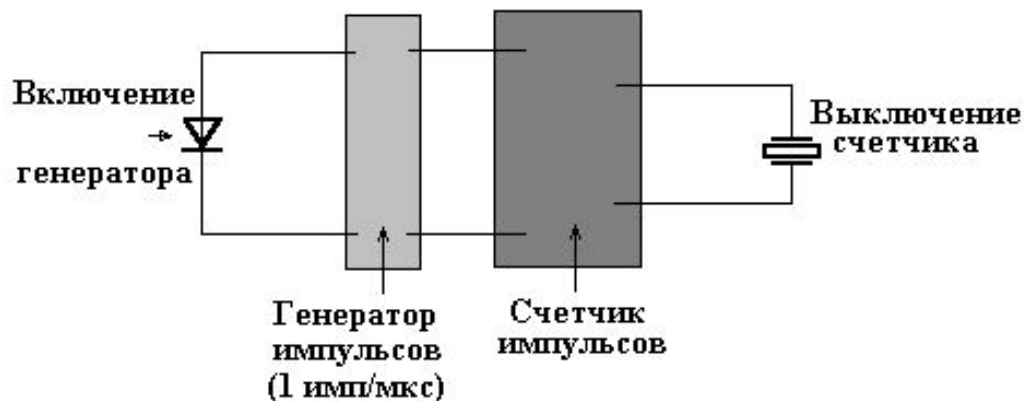
Пришел
звук

Результаты измерений скорости звука в различных средах

| Вид жидкости | Экспериментальный результат | Табличное значение |
|--------------------|------------------------------|--------------------|
| Вода | $(1300 \pm 300) \text{ м/с}$ | 1490 м/с |
| Спирт этиловый 92% | $(1000 \pm 300) \text{ м/с}$ | 1180 м/с |
| Глицерин | $(2100 \pm 300) \text{ м/с}$ | 1923 м/с |

Пути, позволяющие добиться повышения точности измерений

- Увеличение расстояния от звукоизлучателя до звукоприемника;
- Уменьшение емкости конденсатора, чтобы время разрядки было существенно меньше времени прохождения звука;
- Уменьшение омического сопротивления подводящих проводов;
- Использование счетчика импульсов вместо осциллографа:



Вывод

- Предложены и проанализированы способы получения синхронных вспышки света и импульса звука; выбран наиболее подходящий способ;
- Была измерена скорость звука в различных жидкостях (вода, спирт, глицерин) при температуре $(22 \pm 2)^\circ\text{C}$;
- Предложены пути, позволяющие добиться повышения точности измерений