

Анализатор загрязнения воды частицами микронного и субмикронного уровня

Команда: СУНЦ МГУ

Школа: СУНЦ МГУ

Титарь Игорь

Авдеев Владимир

Ковалевская Анжела

Цель :

Разработать анализатор загрязнения воды мелкими частицами.

Задачи :

Провести исследование зависимости рассеяния света от концентрации и количества частиц.

Выбрать нужные формулы и физические законы.

Определиться с необходимым оборудованием.

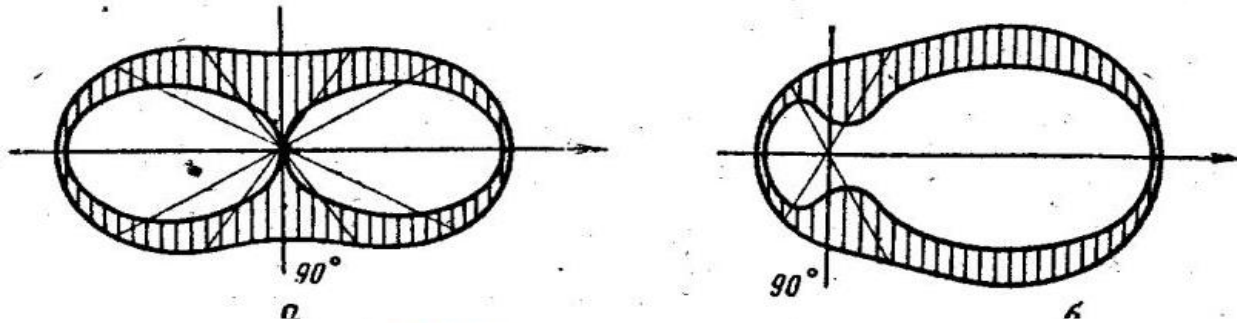
Создать принципиальную схему и плату.

Написать необходимое ПО.

Создать и напечатать корпус прибора.

Методы: статистический анализ, сравнение, эксперимент, обобщение.

Обоснование технических решений



$$d \gg \lambda$$

Рассеяние Фраунгофера



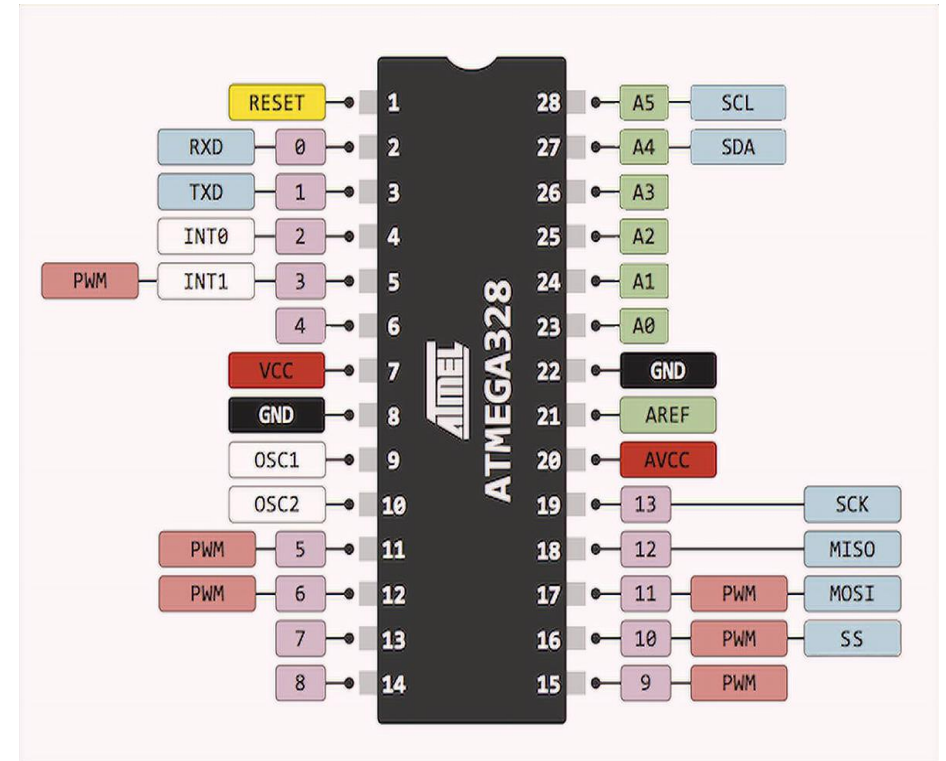
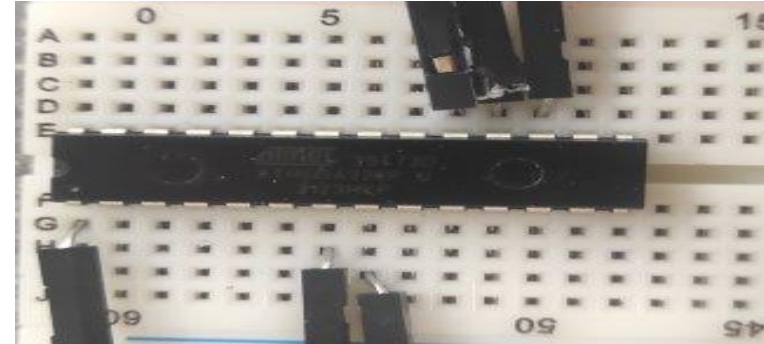
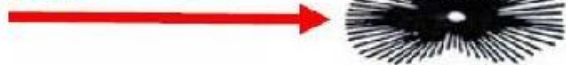
$$d \leq \lambda$$

Рассеяние Ми



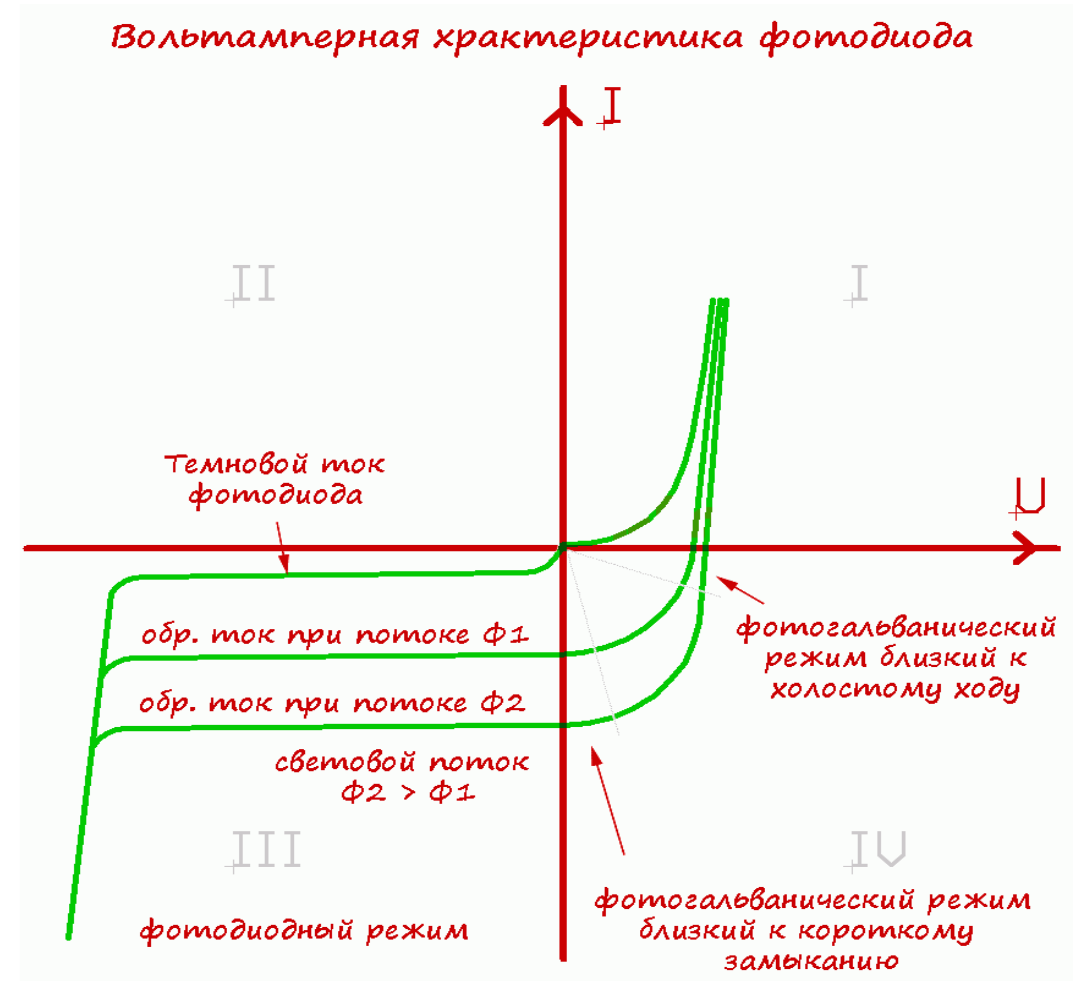
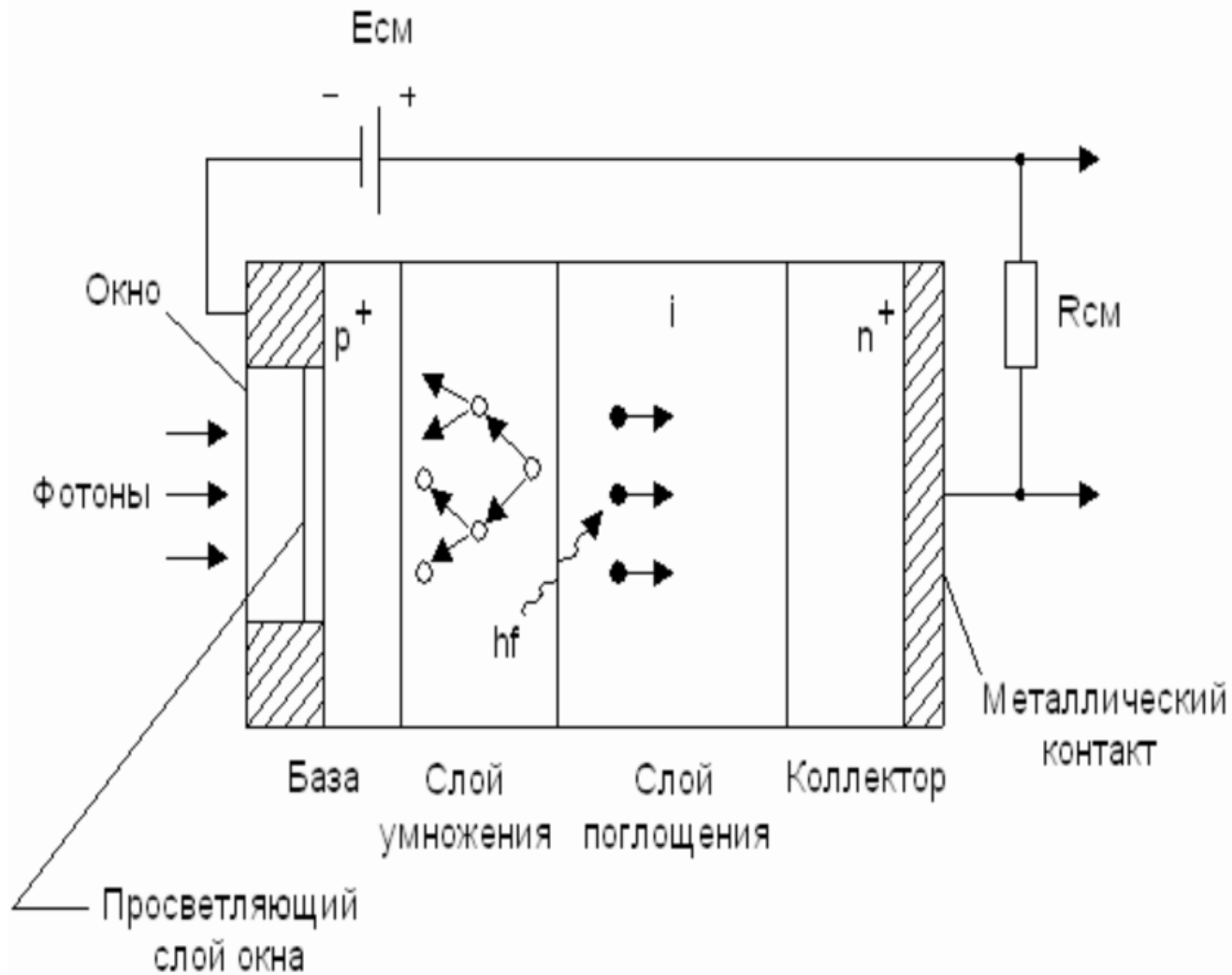
$$d \ll \lambda$$

Рассеяние Рэлея



λ — длина волны света лазера; d — диаметр частицы

Обоснование технических решений



Основные формулы:

$$(1) \quad I_r = \frac{16\pi^4}{\lambda^4 \chi^2} \alpha^2 n I_o K(\phi)$$

$$(2) \quad D = \frac{k_0 T}{3\pi \eta d}$$

$$(3) \quad I(\nu) = \frac{\frac{DK^2}{2\pi}}{(\nu - \nu_0)^2 + \left[\frac{DK^2}{2\pi}\right]^2}$$

$$(4) \quad |\vec{K}| = \frac{4\pi}{\lambda} \sin\left(\frac{\Theta}{2}\right)$$

- λ – длина волны
- χ – расстояние от пробы до прибора
- α – коэффициент поляризации
- n – концентрация
- K – коэффициент формы
- D – коэффициент диффузии (см ф-лу Стокса-Эйнштейна)
- η – вязкость
- d – диаметр
- K – волновой вектор

(1) - уравнение Релея

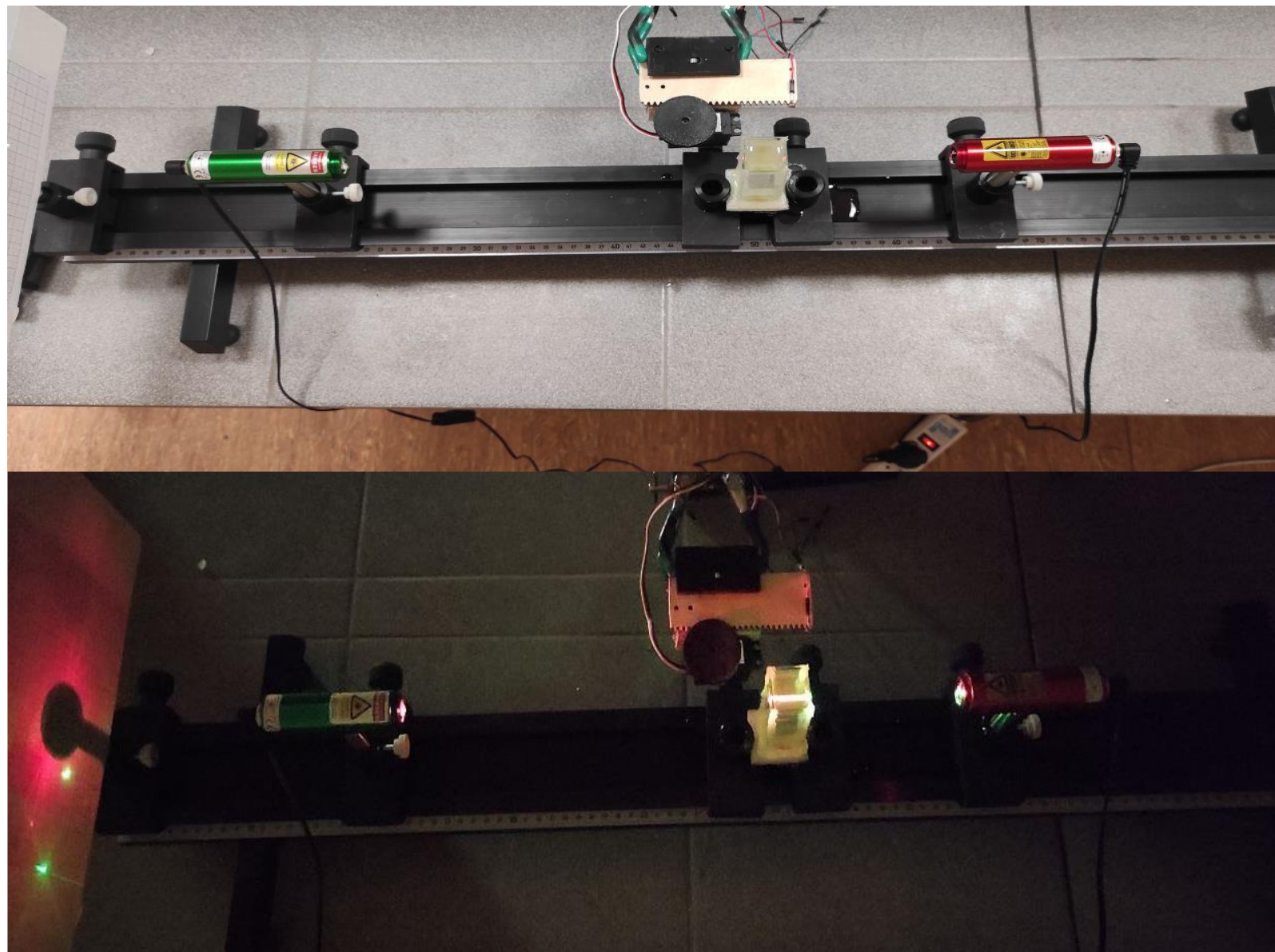
(2) - формула Стокса-Эйнштейна

(3) - уравнение динамического рассеяния

(4) - модуль изменения волнового вектора

Исследовательская часть

На оптической скамье закрепили лазеры с разной длиной волны и собрали специальную установку для измерения величины светового потока рассеянного света от кюветы с жидкостью.



Исследовательская часть

Интенсивность света (I) можно определять при помощи закона Бугера-Ламберта : $I = I_0 e^{-k_\lambda x}$, где k_λ натуральный

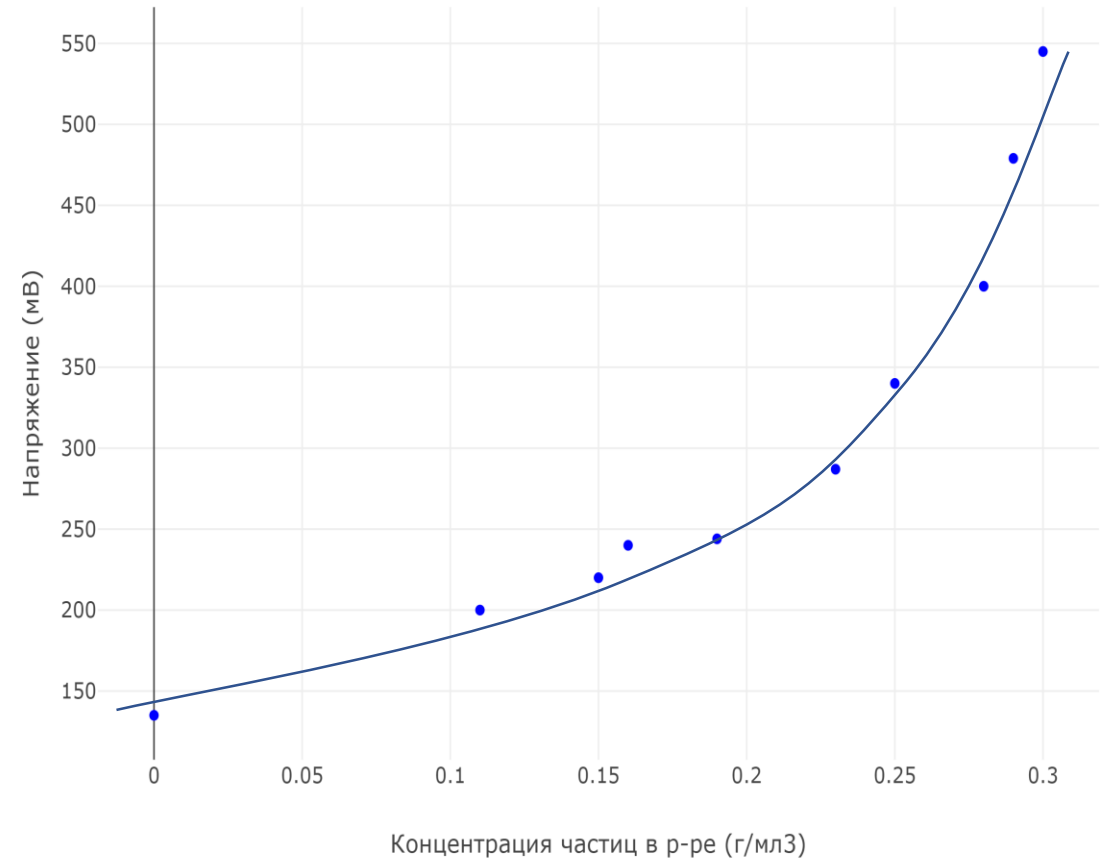
Нами были получены следующие данные: $U(C) = ke^{\alpha C}$, т.е $I(C) = \frac{1}{k} e^{\alpha C}$, показатель преломления среды.

а так как фототок пропорционален световому потоку, то: $I_\nu \approx I_{\nu_0} e^{\alpha C}$

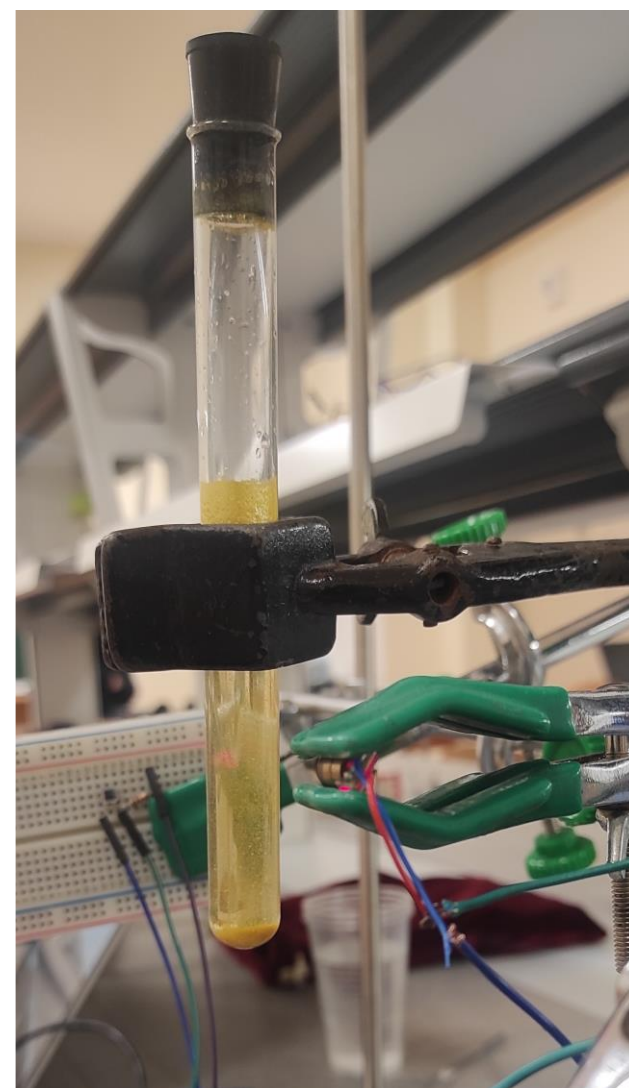
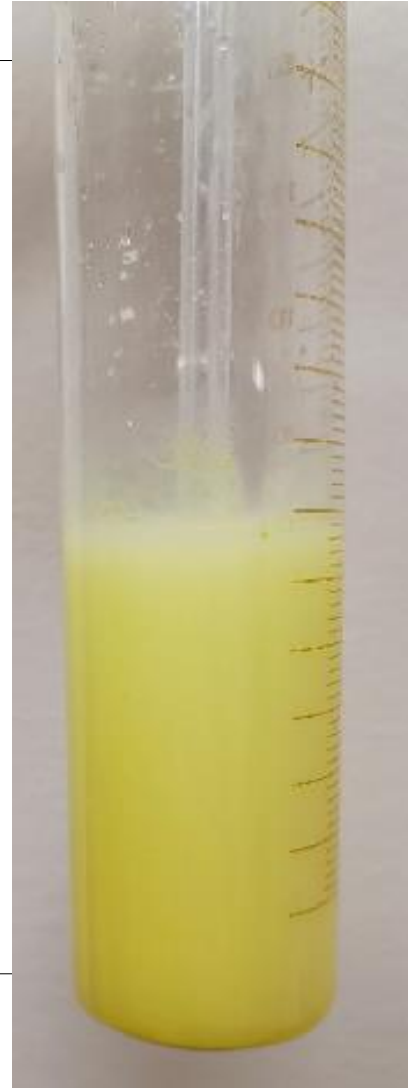
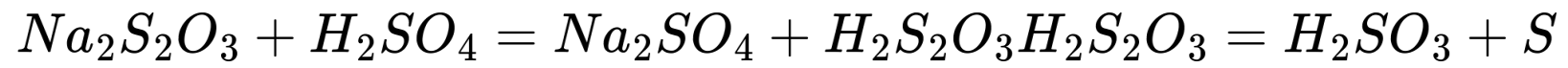
Произведем замеры и построим график зависимости напряжения от концентрации.

График зависимости напряжения на датчике от концентрации частиц

Концентрация р-ра (мг/мл)	Напряжения (mV)
0	135
0.11	200
0.15	220
0.16	240
0.19	244
0.23	287
0.25	340
0.28	400
0.29	479
0.3	545



Исследовательская часть



Исследовательская часть

При помощи нашего прибора мы измерили под разными углами поток рассеянного света через разные вещества. Было установлено, что он прямо пропорционален концентрации. Также в зависимости от оптических свойств и размера частиц менялись показания прибора. Например: CuSO_4 и $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ плохо пропускают свет с длиной волны 850 нм, и напротив, FeCl_3 и наночастицы пропускают его хорошо (при одинаковой концентрации).

Вещ-во:	FeCl_3		Вещ-во:	$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$	
Длина волны	532	850	Длина волны	532	850
Угол(градусы)	ЭДС (мВ)		Угол(градусы)	ЭДС (мВ)	
90	2	15	90	11	3
45	15	76	45	17	5
2	37	171	2	47	19
Вещ-во:	CuSO_4		Вещ-во:	Наночастицы кремния	
Длина волны	532	850	Длина волны	532	850
Угол(градусы)	ЭДС (мВ)		Угол(градусы)	ЭДС (мВ)	
90	12	2	90	9	14
45	24	9	45	21	36
2	56	17	2	51	192

Исследовательская часть

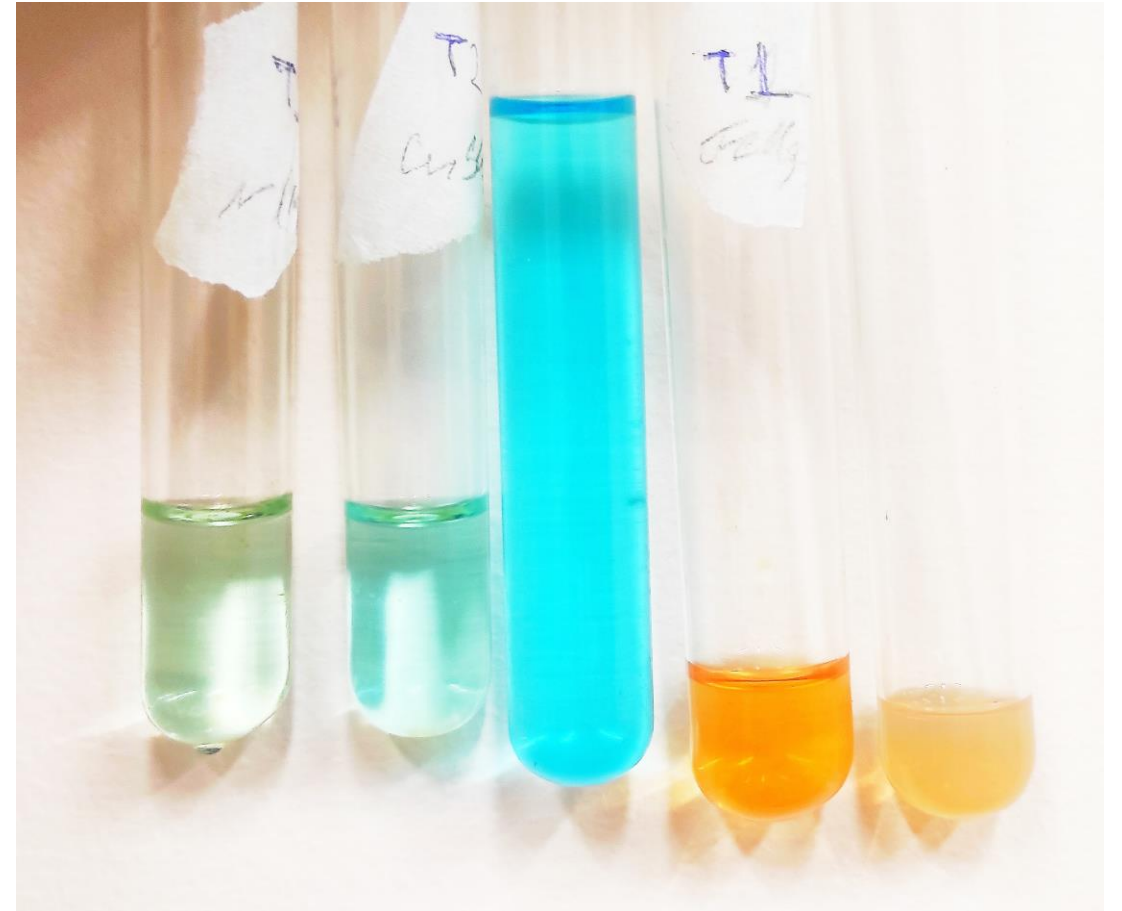
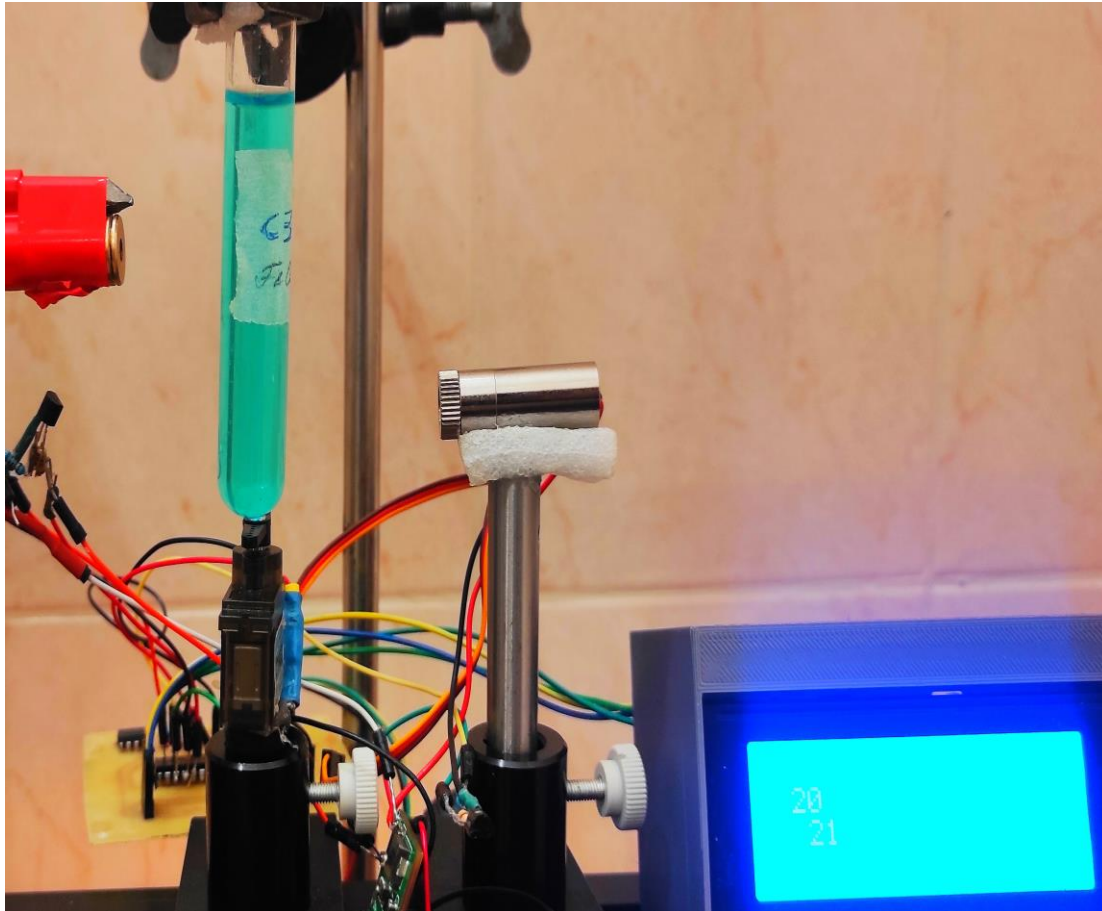
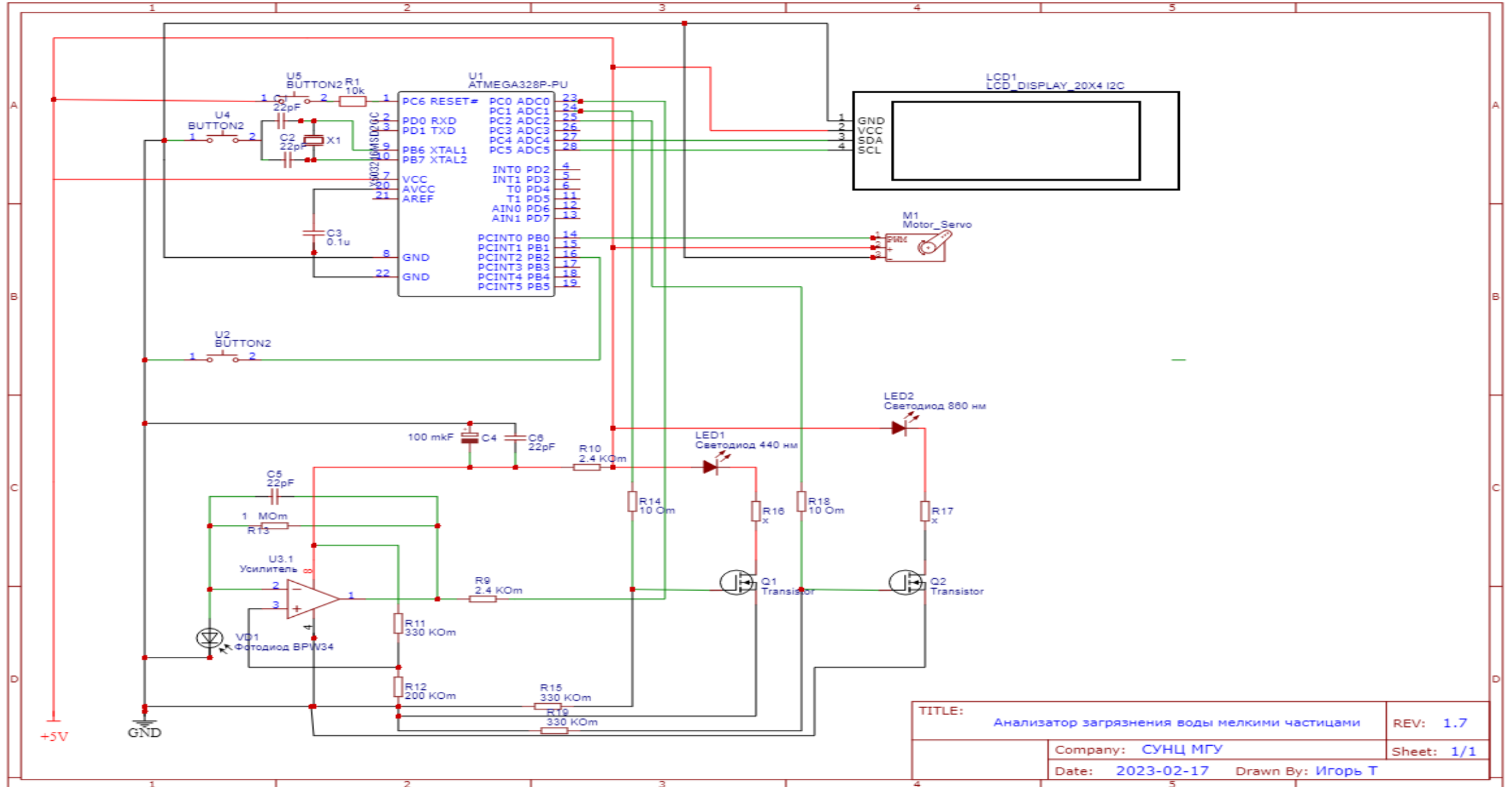


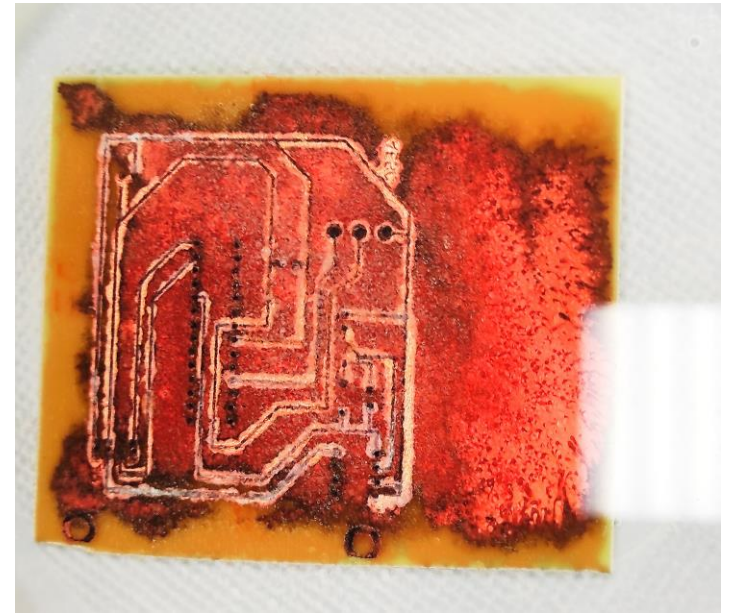
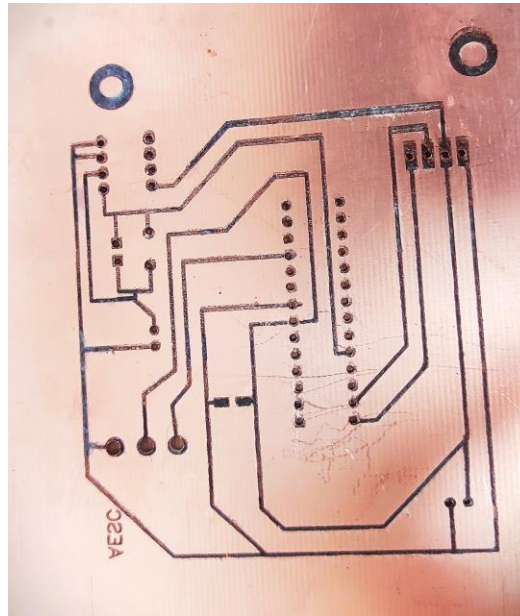
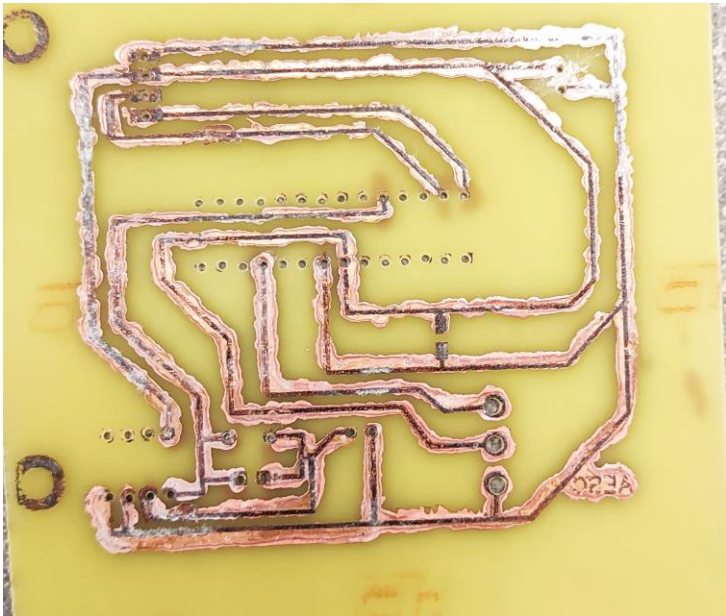
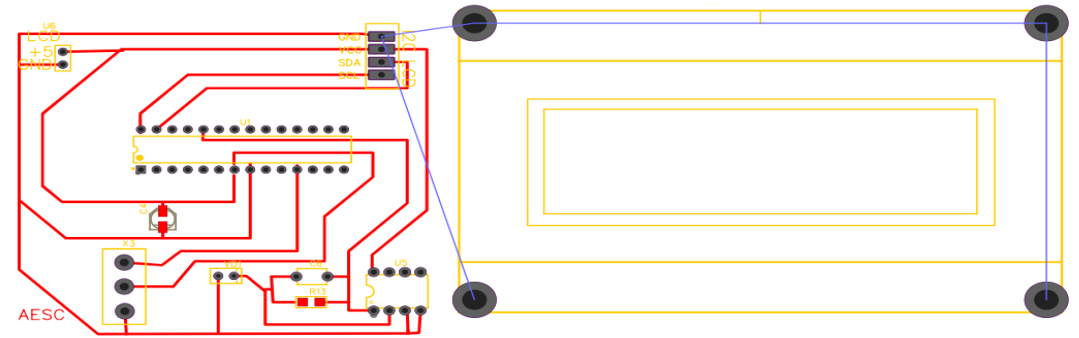
Схема устройства



TITLE:	Анализатор загрязнения воды мелкими частицами	REV:	1.7
	Company: СУНЦ МГУ	Sheet:	1/1
	Date: 2023-02-17	Drawn By:	Игорь Т

Плата

По созданной принципиальной схеме был разработан и напечатан (вытравлен вручную) эскиз платы. Усовершенствованная версия будет предствалена позднее.



Place Component


Components

- Con Rect Headers p2.00mm THT Vertical Receptacle
- Con Rect Headers p2.00mm THT Angled Non-Shrouded
- Con Rect Headers p2.00mm THT Angled Shrouded
- Con Rect Headers p2.00mm THT Angled Receptacle
- Con Rect Headers p2.50mm THT Vertical Shrouded
- Con Rect Headers p2.54mm SMD Vertical Non-Shrouded
- Con Rect Headers p2.54mm SMD Vertical Shrouded
- Con Rect Headers p2.54mm SMD Vertical Receptacle
- Con Rect Headers p2.54mm SMD Angled Non-Shrouded
- Con Rect Headers p2.54mm SMD Angled Shrouded
- Con Rect Headers p2.54mm THT Vertical Non-Shrouded
- Con Rect Headers p2.54mm THT Vertical Shrouded
- Con Rect Headers p2.54mm THT Vertical Receptacle
- Con Rect Headers p2.54mm THT Angled Non-Shrouded

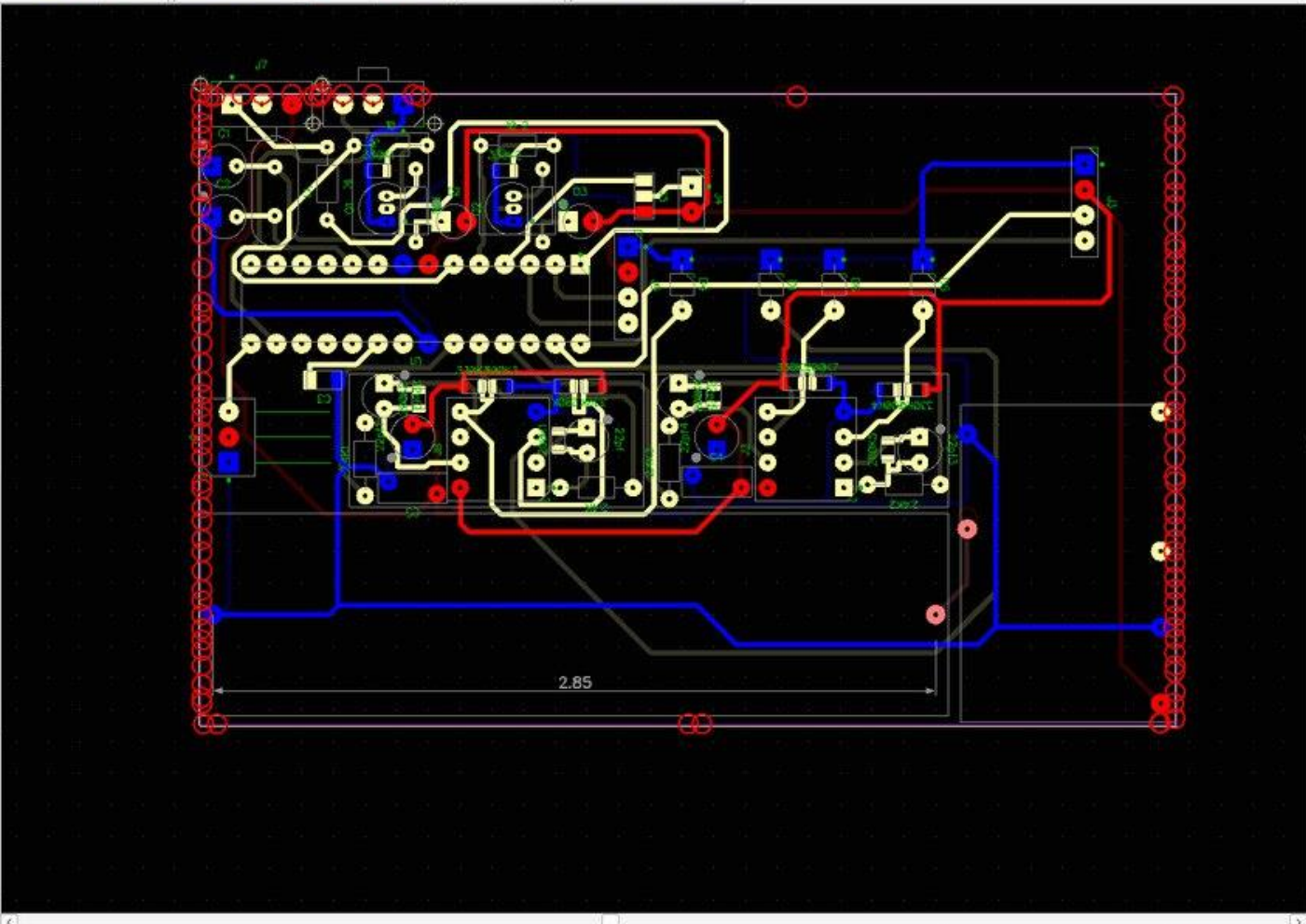
Library Tools

Filter Off

- PPTC021LFBN-RC
- PPTC031LFBN-RC
- PPTC041LFBN-RC
- PPTC051LFBN-RC
- PPTC061LFBN-RC
- PPTC071LFBN-RC
- PPTC081LFBN-RC
- PPTC091LFBN-RC
- PPTC101LFBN-RC
- PPTC111LFBN-RC
- PPTC121LFBN-RC
- PPTC131LFBN-RC
- PPTC141LFBN-RC
- PPTC151LFBN-RC
- PPTC161LFBN-RC
- PPTC171LFBN-RC
- PPTC181LFBN-RC
- PPTC191LFBN-RC
- RHDRV4W80P254_4X1_1066X250H875_AP1



Price and Availability



Layers Objects Properties

- Top Silk
- Top Mask
- Top Paste
- Top
- Bottom
- Bottom Paste
- Bottom Mask
- Bottom Silk
- Board Cutout

Show All Layers ...

Contrast

Design Manager

- Net 0
- Net 1
- Net 2
- Net 3
- Net 4
- Net 5
- Net 6
- Net 7
- Net 9
- Net 10
- Net 11
- Net 12
- Net 14
- Net 15
- Net 16
- Net 17

Net Pins:

- J8: 8 (8)
- J2: 8 (8)
- 22pF1: 2 (2)
- 22pF4: 2 (2)
- 330K: 1 (1)
- 330K3: 1 (1)
- 330K4: 1 (1)
- 330K5: 1 (1)
- D2: 2 (A)
- D3: 2 (A)
- J1: 2 (P2)
- J3: 2 (P2)
- J4: 2 (P2)
- J5: 3 (3)
- Pad6: 1
- U1: 7 (VCC)
- J7: 3 (P3)
- C4: 2 (2)

Программный код

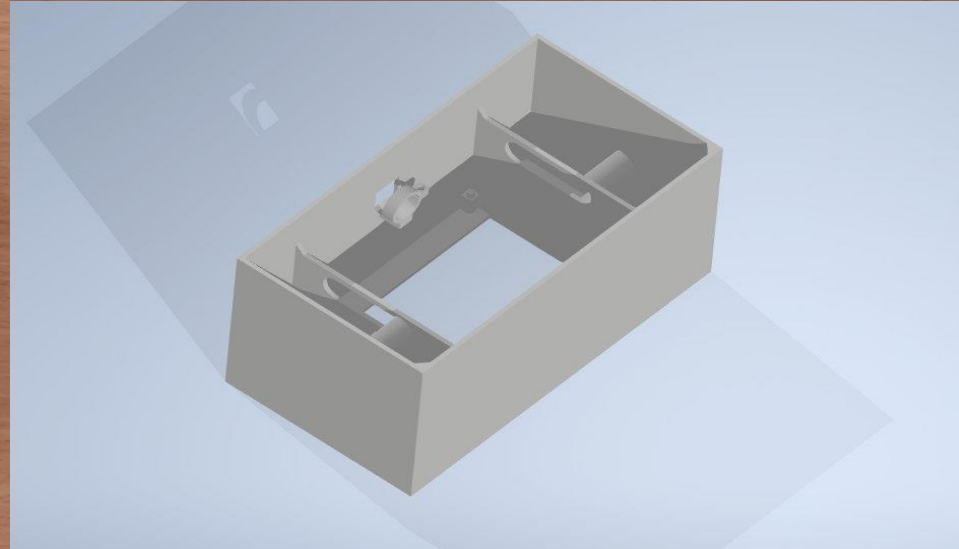
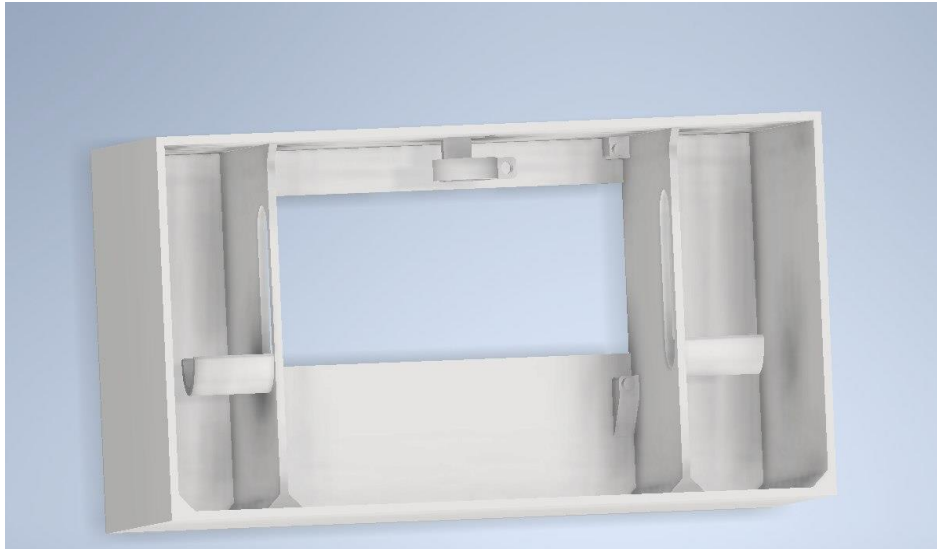
Мы написали ПО для работы с выбранным нами МК и всеми необходимыми датчиками, а также LCD дисплеем и сервоприводом.

Также мы используем автокорреляционную функцию — зависимость взаимосвязи между функцией (сигналом) и её сдвинутой копией от величины временного сдвига.

Таким образом, удалось попеременно светить лазерами с разной длиной волны, проводить замеры с фотодиода, расположенного на сервоприводе, и усиливать полученный сигнал.

```
DisplayWith12c.cpp X
C:\Users\Игорь\Desktop> DisplayWith12c.cpp
1 #include <LibForTESTIDE>
2 #include <MLibForProject>
3 #include "DisplayWith12C.h"
4 #include <LibTyp>
5
6
7 DisplayWith12C::DisplayWith12C(uint8_t lcdx, uint8_t lcdcolumns, uint8_t lcdrows, uint8_t charsizе){
8     x = lcdx;
9     columns = lcdcolumns;
10    rows = lcdrows;
11    tmpchr = charsizе;
12    tmplight = LCD_BACKLIGHT;
13 }
14
15 void DisplayWith12C::begin() {
16     Wire.begin();
17     _displayfunction = LCD_4BITMODE | LCD_1LINE | LCD_5x8DOTS;
18     if (rows > 1) {
19         _displayfunction |= LCD_2LINE;
20     }
21
22     if ((tmpchr != 0) && (rows == 1)) {
23         _displayfunction |= LCD_5x10DOTS;
24     }
25     delay(50);
26     expanderWrite(tmplight);
27     delay(1000);
28     write4bits(0x03 << 4);
29     delayMicroseconds(4500);
30 }
```

Корпус прибора



The map displays a section of Moscow, Russia, centered on the Matveevskoye area. A red location pin is placed on the map, and a blue button labeled "Создать метку" (Create marker) is positioned below it. The map includes various landmarks and street names such as "Kutuzovskiy Ave", "Minskaya", "Mozhayskoye Shosse", "Vereyskaya Plaza", "Davydково", "МФК KVARTAL WEST", "Матвеевская", "Троице-Голенищевое", "Раменки", and "Московский городской гольф". The interface also features a search bar, a "Вход" (Login) button, and a sidebar with navigation icons on the right side.



119 117 194
0.0 mm 0.07e-0

Итоги

- Мы считаем, что поставленные цели достигнуты.
- Таким образом, был создан и разработан корпус, плата, а также написано необходимое ПО для работы с прибором по анализу загрязнения воды мелкими частицами. Прибор был откалиброван на частицах различного размера и растворах разной концентрации.



Благодарим за внимание!