

# Budowa przyrządu do pomiaru jakości powietrza

## Poland-AOD Edukacyjnie

Instytut Geofizyki, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski

### 1. Wstęp

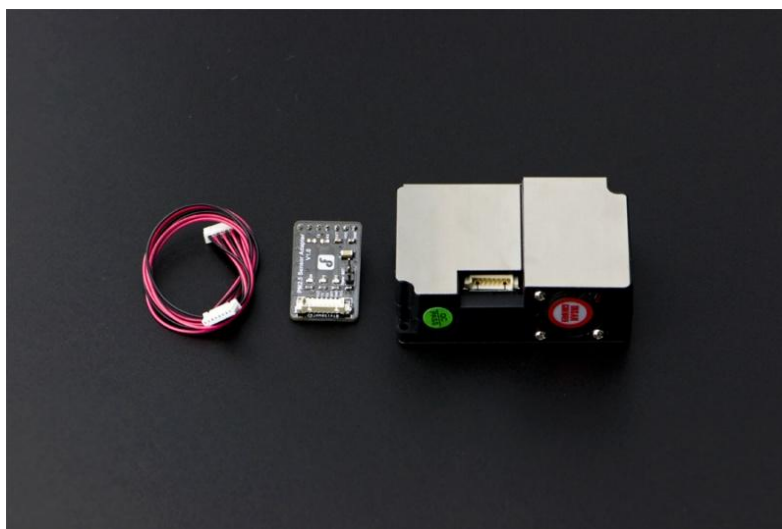
Poniżej przedstawiona została procedura konstrukcji urządzenia pomiarowego służącego do pomiaru koncentracji pyłu zawieszonego. W tym celu zostanie wykorzystany optyczny czujnik SEN0177 (Ryc 1). Zasada działania detektora pyłu opiera się na pomiarze światła rozproszonego na cząstkach znajdujących się wewnątrz komory pomiarowej.

*Tabela 1. Spis elementów do budowy przyrządu do pomiaru pyłu zawieszonego*

<b>Element</b>	<b>Przybliżona cena brutto [PLN]</b>	<b>Sklep</b>
SEN0177	270	Botland
Konwerter USB-UART PL2303 – wtyk USB	14	Botland
Przewód USB A-A (M-M) 3 metry	5	Botland lub inny
Obudowa radiacyjna TFA	48	EMD
Przewody połączeniowe żeńsko-męskie 10 cm, min 5 sztuk	8	Botland
Taśma izolacyjna	3	Botland

Powietrze dostaje się do komory pomiarowej za pośrednictwem wentylatora, który wymusza ruch powietrza i zapewnia, relatywnie stabilny w czasie, przepływ powietrza w okolicach czujnika. Komora pomiarowa składa się z diody LED, która emituje światło oraz detektora, który rejestruje światło rozproszone na cząstkach pyłu. Im więcej cząstek tym silniejszy strumień światła rejestrowany przez detektor (Ryc. 2). Intensywność mierzonego światła zależy również od wielkości cząstek, im większe cząstki tym więcej mierzonego światła. W precyzyjnych

urządzeniach pomiarowych jedną ze stosowanych technik jest detekcja pojedynczych cząstek. Wymaga to jednak dość skomplikowanego układu optycznego pozwalającego na detekcję aerozolu w bardzo małej objętości. Przy typowych warunkach w jednym centymetrze sześciennym powietrza znajduje się tysiące cząstek. Jeśli przyrząd rejestruje promieniowanie rozproszone na pojedynczej cząstce to wówczas może być ono przeliczone na jej średnicę. Zliczając pojedyncze cząstki możemy wyznaczyć tzw. rozkład wielkości (liczbę cząstek w zależności od średnicy), a w konsekwencji koncentrację masy (przy założeniu znajomości gęstości aerozolu). W przypadku prostych czujników objętość powietrza w ramach, której wykonywany jest pomiar jest na tyle duże, że znajduje się tam wiele cząstek. W związku z tym nie jest możliwe bezpośrednio określenie ich rozmiaru i koncentracji a tym samym masy. Mimo tego szybkie fotodiody umożliwiają wykonanie pomiarów z dużą rozdzielczością czasową, które wykazują znacznie fluktuacje czasowe. Wynika to z faktu, że największy wkład do rozpraszania światła na zbiorze cząstek wnoszą aerozole o największych rozmiarach, których jest relatywnie mało. W jednym centymetrze sześciennym liczba cząstek, których średnica jest większa od  $1 \mu\text{m}$  jest rzędu jedności. Tym samym histogram natężenia światła rozproszonego wyznaczony na podstawie pomiarów wykonanych w krótkim okresie (rzędu jednej sekundy)

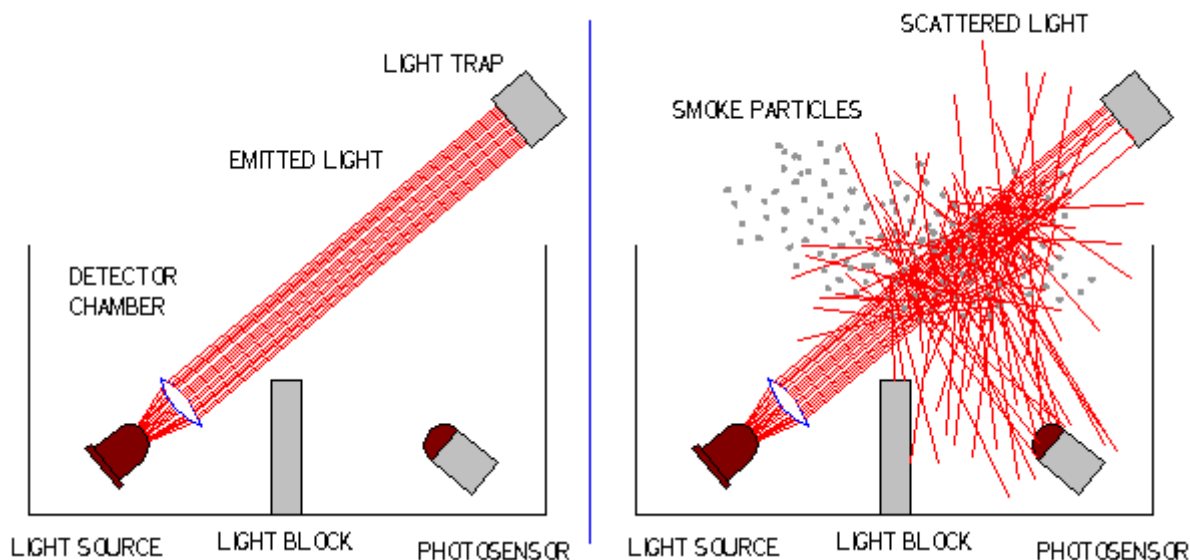


Ryc. 1. Czujnik SEN0177 wraz z przewodami oraz płytką do podłączenia transmisji szeregowej. Źródło:

[https://www.dfrobot.com/wiki/index.php?title=PM2.5\\_laser\\_dust\\_sensor\\_SKU:SEN0177](https://www.dfrobot.com/wiki/index.php?title=PM2.5_laser_dust_sensor_SKU:SEN0177).

czasu zawiera informacje o rozmiarach cząstek. Przy użyciu metod matematyczno-fizycznych (na ogół nieupublicznianych przez producenta) możliwe jest oszacowanie koncentracji aerozolu w kilku zakresach wielkości.

Czujnik SEN0177 pozwala mierzyć masę cząstek o rozmiarach mniejszych od 1  $\mu\text{m}$  (PM1), mniejszych od 2,5  $\mu\text{m}$  (PM2.5), oraz mniejszych od 10  $\mu\text{m}$  (PM10). Ponadto, rejestruje koncentrację cząstek (liczbę cząstek w jednostce objętości) o rozmiarach powyżej 0,3; 0,5; 1,0; 2,5; 5,0 oraz 10  $\mu\text{m}$ . Natężenie światła rejestrowane przed detektorem jest



Ryc.2 Zasada działania detektora koncentracji pyłu. Komora pomiarowa składa się z źródła światła (dioda laserowa), kolimatora światła oraz detektora światła (fotodiody).

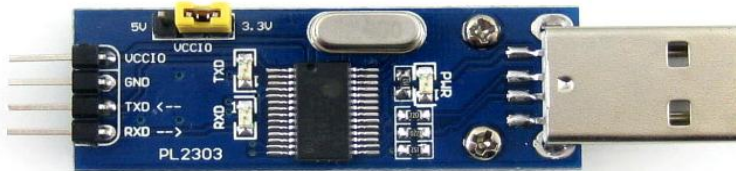
Źródło: <http://dudugyi.blogspot.com/>

konwertowane przez układ elektroniczny na postać cyfrową. Do komunikacji z czujnikiem wykorzystany jest standardowy protokół portu szeregowego. Oznacza to, że aby rejestrować dane potrzebujemy komputera oraz odpowiedniego konwertera USB lub RS232 (o ile komputer posiada taki port). W naszym przypadku posłużymy się komputerem, który pracuje 24h na dobę.

## 2. Podłączenie czujnika

Czujnik pyłu podłączamy do komputera za pośrednictwem konwertera USB-UART np. model PL2303 – wtyk USB. Konwerter umożliwia zasilanie czujnika oraz przesyłanie danych do komputera. Podłączenie czujnika wykonuje się za pośrednictwem 4 przewodów typu żeńsko-męskiego (ryc. 5). Wejścia konwertera USB oznaczone są w następujący sposób: VCCIO, GND, TXD, RXD. Natomiast wyjścia czujnika pyłu oznaczone są jako VCC, GND, TX i RX. Łączymy następujące gniazda:

	VCCIO ----- VCC	
Konwerter	GND ----- GDN	czujnik pyłu
	TXD ----- RX	
	RXD ----- TX	



Ryc. 3 Konwerter USB-UART PL2303 – wtyk USB.



Ryc. 4. Przewód USB typu A-A (M-M) do podłączenia konwertera USB z komputerem.



Ryc. 5 Przewody połączeniowe żeńsko-męskie 10 cm -40 sztuk. Źródło,

<https://botland.com.pl/przewody-polaczeniowe/6174-przewody-polaczeniowe-zensko-meskie-10cm-40szt.html>

### 3. Instalacja przyrządu

W ramach projektu mierzona jest koncentracja pyłu zawieszonego na zewnątrz dlatego przyrządu powinien zostać zainstalowany w specjalnej obudowie umożliwiającej wymianę powietrza (ryc. 6). W naszym przypadku wykorzystamy obudowę, która zabezpieczy elektronikę przed opadem atmosferycznym a z drugiej strony zapewnia wymianę powietrza. Wysokość czujnika, na której powinien zostać zainstalowany nie powinna być wyższa niż kilka metrów nad powierzchnią gruntu. Obudowa radiacyjna powinny być

przymocowana bezpośrednio do ściany budynku lub na krótkim wysięgniku. Podczas instalowania budowy należy zwrócić uwagę na możliwość przeciągnięcia kabla USB do środka. Najlepszym rozwiązaniem jest wywiercenie otworu w ścianie budynku. Ewentualnie można poprowadzić przewód przez framugę okna, ale w tym przypadku możliwe jest przerwanie przewodu podczas wielokrotnego otwierania i zamykania okna. Ponadto możliwe jest, że okno nie będzie szczelnie w tym przypadku.



Ryc. 6 Obudowa radiacyjna TFA Dostmann/Wertheim,  
<http://www.sklep.emd.net.pl/oslona-czujnika-stacji-meteorologicznej-tfa-p-2501.html>

#### **4. Podłączenie do komputera**

Konwerter USB po podłączeniu do komputera powinien zostać zainstalowany automatycznie w systemach Windows 7 oraz w nowszych wersjach oraz na większości dystrybucji Linux'a. W innym przypadku należy pobrać sterowniki w zależności od posiadanego systemu operacyjnego. Po prawidłowym zainstalowaniu konwertera USB pojawia się nowy port szeregowy dostępny z poziomu menadżera urządzeń (Windows) lub w katalogu `/dev/tty*` w systemach linuxowych. Do zbierania danych na komputerze oraz wysyłania ich na serwer sieci Poland-AOD wymagane jest odpowiednie oprogramowanie. Można je uzyskać pisząc na adres [edu@polandaod.pl](mailto:edu@polandaod.pl).