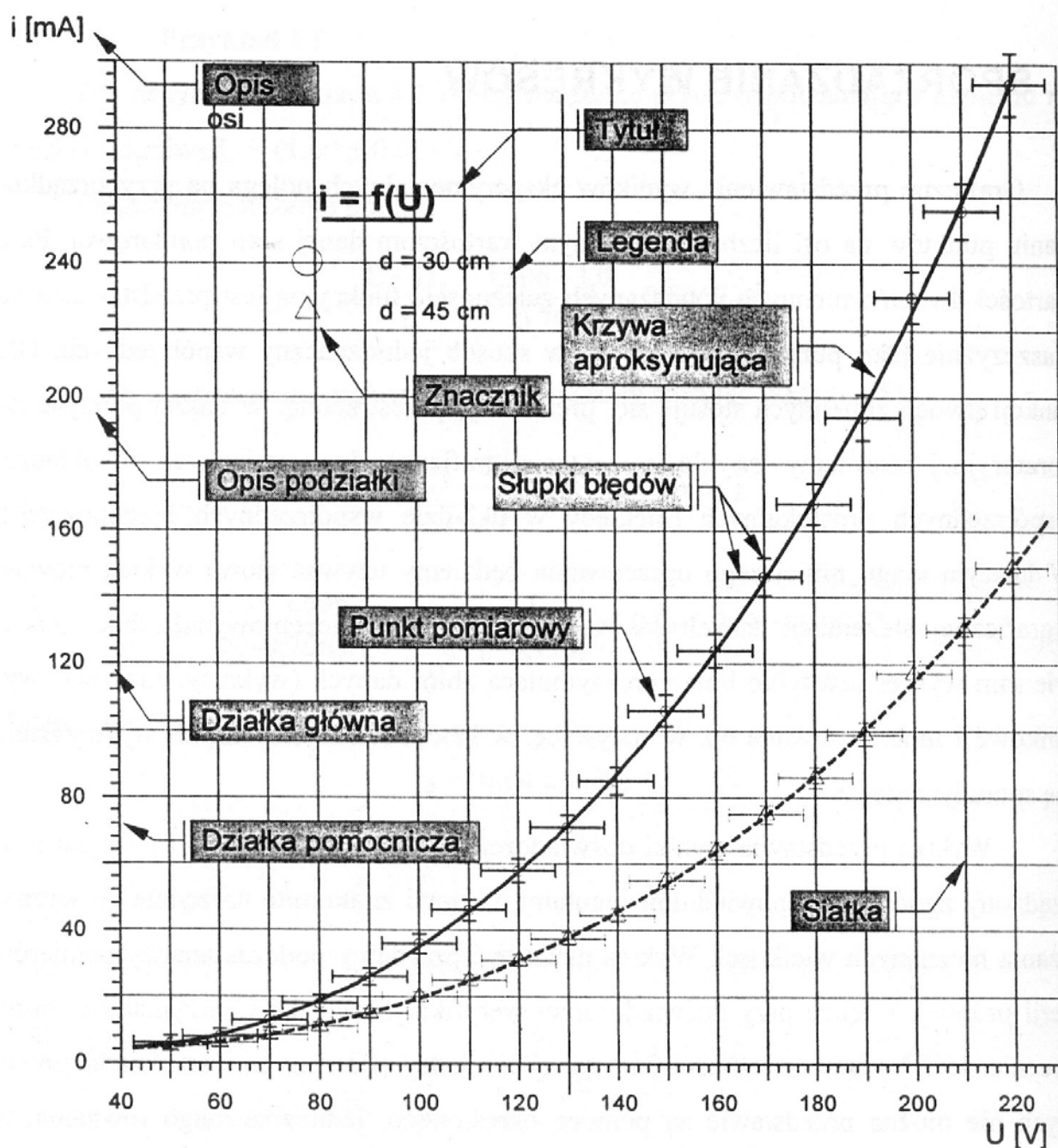


GRAFICZNE OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

Celem pomiarów jest bardzo często potwierdzenie związku lub znalezienie zależności między wielkościami fizycznymi. Pomiar polega na wyznaczaniu wartości y wielkości Y , odpowiadających wartościom x wielkości X , które są zmieniane podczas doświadczenia.

Wyniki takich pomiarów są przedstawiane najczęściej w formie graficznej - **wykresu** ilustrującego badany związek.



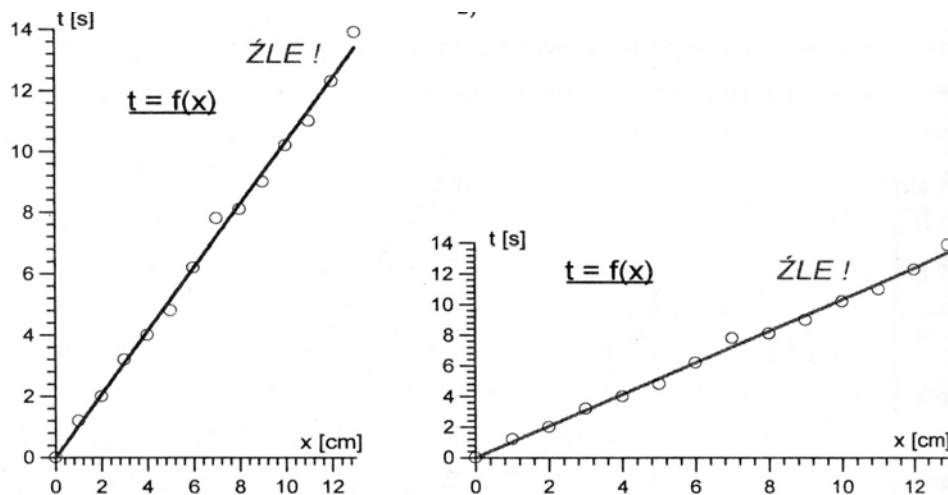
Rysowanie wykresów

Wykresy najczęściej rysujemy we współrzędnych kartezjańskich. Wykonujemy je ręcznie lub za pomocą komputera.

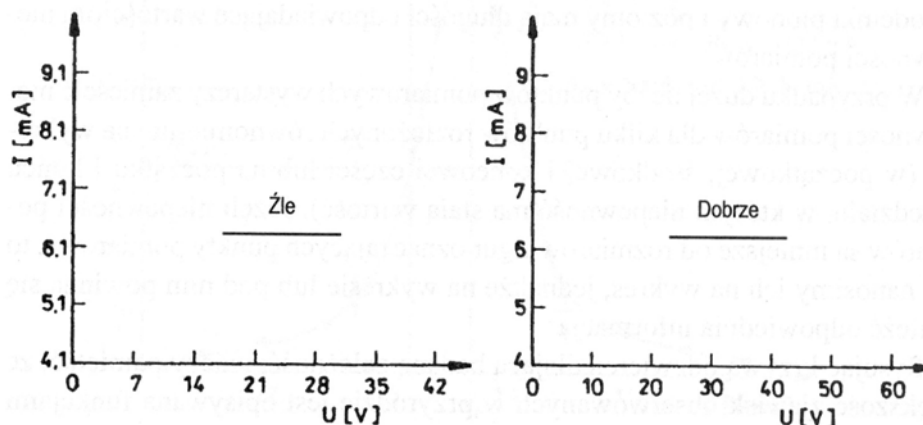
Wykresy sporządzane ręcznie rysujemy na papierze milimetrowym formatu A4 lub A5. Pierwszą czynnością, jaką musimy wykonać jest dobór odpowiednich skal na osiach y oraz x .

Dobierając skale wykresu kierujemy się następującymi zasadami:

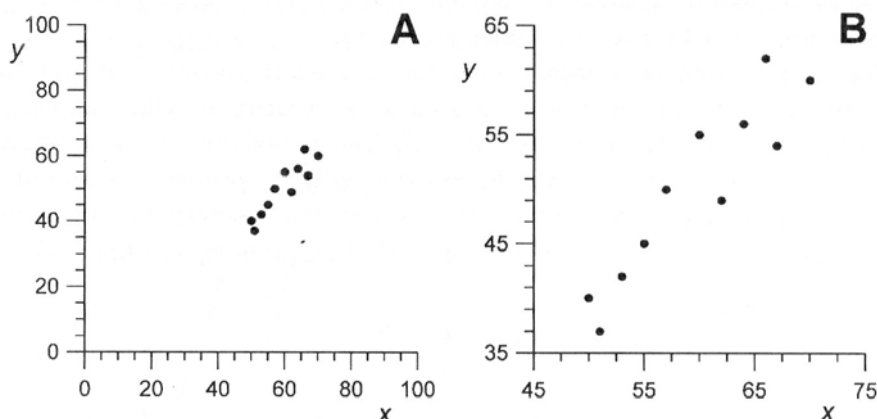
1. Wykres powinien obejmować wszystkie (lub prawie wszystkie) punkty pomiarowe.
2. Skale muszą być tak dobrane, aby format wykresu był zbliżony do kwadratu lub formatu papieru milimetrowego.



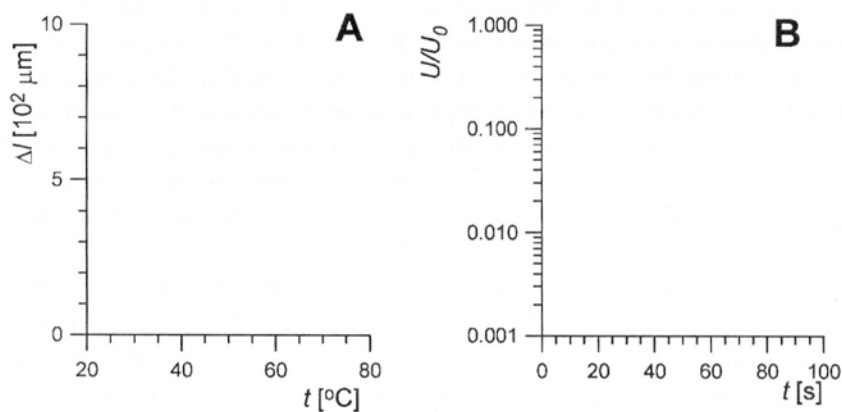
3. Dzięki skali wykresu wybieramy tak, aby można było łatwo znaleźć wartości współrzędnych punktu (wartości wielkości mierzonych) - dzięki powinny mieć „okrągłe” wartości (np. 5, 10, 20, 25 mm, nie zaś 5,5; 10,6; 12 mm) i odpowiadać również „okrągłym” wartościom wielkości mierzonych, np. 1, 2, 4, 5, 10 jednostek. Należy unikać liczb 3 i 7 oraz ich wielokrotności.



4. Początek układu współrzędnych wybieramy tak, aby wartości najmniejsze leżały w pobliżu osi układu (wykres nie musi zaczynać się od zera!). Natomiast długość osi dobieramy tak, aby wartości maksymalne leżały w pobliżu ich końców.



5. **Osie układu muszą być opisane.** Obok osi należy podać nazwę wielkości lub powszechnie stosowany skrót oraz jednostki, np. i [mA], U [k V], l [mm], t [ms], T [K], natężenie światła [jednostki względne]. Działki główne (odpowiadające *okrągłym* wartościom) powinny być również opisane.

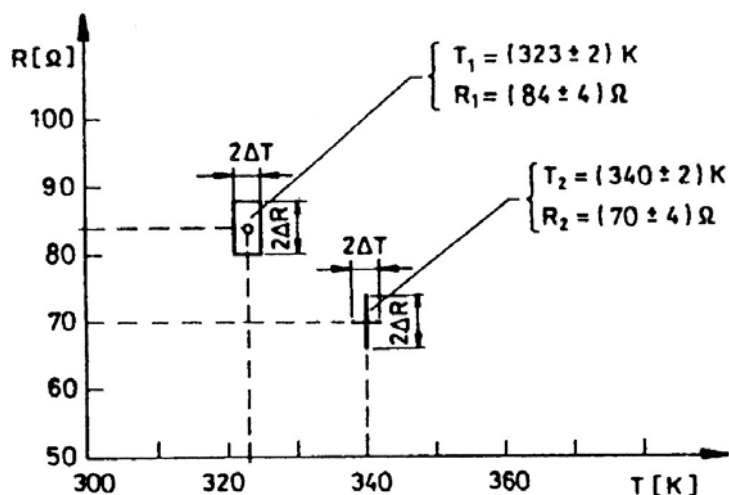


Po przygotowaniu osi na wykres nanosimy **punkty pomiarowe**, które nie mogą być oznaczane kropkami. Kropki służą tylko do oznaczania położenia punktów pomiarowych przed ich właściwym oznaczeniem.

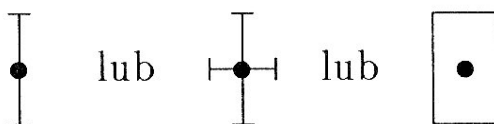
Punkty pomiarowe zaznaczamy kółkami, krzyżykami, trójkątami lub innymi **figurami geometrycznymi tak, aby środek figury znalazł się w miejscu o współrzędnych odpowiadających danemu punktowi.**

Wynikiem eksperymentu są punkty pomiarowe, nie zaś krzywa, za pomocą której te punkty połączono!

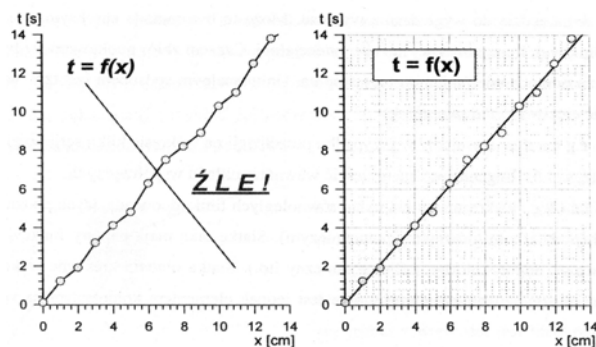
Na wykres, oprócz punktów pomiarowych, **nanosimy niepewności pomiarów. Niepewności zaznaczamy w postaci prostokąta niepewności, którego środek leży w punkcie pomiarowym, a boki są równe podwójnej wartości niepewności pomiaru.**



Zamiast prostokąta można nanieść krzyż, którego odcinki pionowy i poziomy mają długości odpowiadające wartościom niepewności pomiarów.



Rysując krzywą odzwierciedlającą badaną zależność, należy pamiętać, że większość zjawisk obserwowanych w przyrodzie jest opisywana funkcjami gładkimi (różniczkowalnymi), dlatego **łączenie punktów pomiarowych krzywą łamaną jest niedopuszczalne. Krzywą rysujemy tak, aby przechodziła w pobliżu możliwie największej liczby punktów i aby lokalnie liczba punktów leżących po obu jej stronach była jednakowa** [prostą rysujemy za pomocą przezroczystej linijki, gdy zależność jest nieliniowa korzystamy z przezroczystych krzywek].



Na wykresie mogą być zamieszczone dodatkowe informacje i oznaczenia potrzebne do dalszego opracowania wyników.

Wyznaczanie nachylenia wykresu

Nachylenie krzywej (tangens kąta nachylenia stycznej do krzywej) będącej wykresem zależności między wielkościami fizycznymi ma określony sens fizyczny.

Często powtarzanym błędem jest pomiar kąta nachylenia stycznej do wykresu (w przypadku zależności liniowej nachylenia prostej) za pomocą kątomierza i wyznaczenie wartości tangensa kąta nachylenia.

Aby wyznaczyć nachylenie stycznej do wykresu, należy z wykresu odczytać przyrost wielkości naniesionej na osi x oraz odpowiadający mu przyrost wielkości naniesionej na osi y . Obliczając stosunek tych przyrostów otrzymamy wartość tangensa nachylenia stycznej, czyli $\Delta y/\Delta x$ (w przypadku zależności liniowej współczynnik kierunkowy a prostej $y = ax + b$).

W geometrii zakłada się, że przez dwa punkty przechodzi tylko jedna prosta. W fizyce (i nie tylko) mamy do czynienia z punktami pomiarowymi, które są obarczone określonymi niepewnościami - „punkty” te są polami, których powierzchnia jest określona wartościami niepewności pomiarów. **Przez dwa punkty pomiarowe można przeprowadzić nieskończenie wiele prostych.**

Na rysunku obok przedstawiono trzy spośród możliwych prostych. Za współczynnik kierunkowy prostej przechodzącej przez te punkty przyjmujemy wartość współczynnika wyznaczonego dla prostej oznaczonej przez k , natomiast proste m i n są skrajnymi prostymi mieszczącymi się w granicach niepewności pomiarowych. Przyjmujemy, że maksymalna wartość niepewności wyznaczenia współczynnika kierunkowego jest równa połowie różnicy między wartościami współczynników wyznaczonych dla prostych m i n .

Wartości współczynników a i b w równaniu prostej, opisującej zależność między dwoma wielkościami fizycznymi, można wyznaczyć korzystając z **regresji liniowej**. Metoda ta pozwala obliczać także niepewności, jakimi obarczone są wartości tych współczynników.

