

72. Dwa rodzaje błędów.

Wśród błędów, popełnianych przy pomiarach, należy odróżniać dwa rodzaje błędów: błędy systematyczne i błędy przypadkowe.

Błędy systematyczne są to takie błędy, które wynikają z jakichkolwiek stałych niedokładności w samym przyrządzie mierniczym, albo też powstają pod działaniem stałych czynników zewnętrznych, wpływających na wskazania przyrządów.

Błędy zaś przypadkowe wynikają głównie z powodu niedoskonałości wzroku, słuchu i uwagi ludzkiej, a nadto powstają także pod działaniem czynników, zmieniających się w ten sposób, że trudno dostrzec w tych zmianach jakąkolwiek wyraźną prawidłowość.

Jako przykład tych dwóch rodzajów błędów można przytoczyć błędy, spotykane przy pomiarze natężenia prądu amperomierzem. Niedokładność we wzorcowaniu przyrządu wywołuje błędy systematyczne, albowiem amperomierz wskazuje stale zbyt mało, lub też zbyt wiele; natomiast błędy, popełniane przez niedokładność spostrzeżenia położenia wskazówki są błędami przypadkowymi i zależnie od okoliczności mogą być dodatnie, lub ujemne.

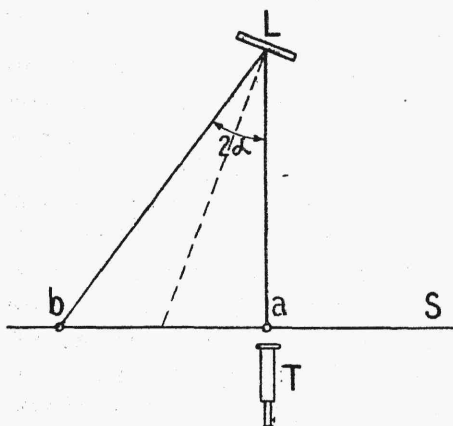
Innego rodzaju błędy systematyczne wyniknąć mogą pod wpływem czynników postronnych. Jeżeli np. mierzyć będziemy prąd stały amperomierzem elektrodynamicznym i nie zwrócimy uwagi na wpływ pola magnetycznego ziemskiego, to przy takim postępowaniu popełniać będziemy również błędy systematyczne.

Dla usunięcia błędów systematycznych, niezbędną jest rzeczą wykryć ich przyczynę. Uskutecznić to można rozmaicie, zależnie od okoliczności. Jeżeli przyczyna tkwi w złym wzorcowaniu przyrządu, to wykryć to łatwo, porównywując ten przyrząd z innym przyrządem, dokładniejszym. Jeżeli natomiast przy pomiarze można się spodziewać wpływów postronnych, to trzeba próbować zmieniać warunki, w jakich odbywa się pomiar.

Niektórych błędów systematycznych można uniknąć zupełnie, usuwając wpływ czynnika, który je wywołuje. Błąd jednak, wynikający np. z niedokładności wzorcowania przyrządu, może być tylko zmniejszony. Przeprowadzając wzorcowanie jaknajdokładniej, możemy zmniejszyć go do pewnej granicy, lecz nie możemy usunąć go całkowicie.

Błędów przypadkowych usunąć niepodobna. Można je tylko zmniejszyć przez skupienie uwagi i zastosowanie urządzeń pomocniczych dla zwiększenia dokładności wskazań. Przy odczytywaniu wskazań przyrządów wskazówkowych, należy zważać, aby kierunek od oka do wskazówki był prostopadły do powierzchni skali, jeżeli zaś pod wskazówką znajduje się lustro, to przy odczytywaniu położenia wskazówki na skali, wskazówka powinna pokrywać swój obraz w lustrze.

Wogóle przy pomiarach dążyć należy do otrzymania jaknajwiększego odchylenia każdego przyrządu pomiarowego, a to dlatego, że błąd względny jest odwrotnie proporcjonalny do wartości bezwzględnej odczytanego wskazania. Wyjątek stanowią tu tylko wskazania, odczytywane na skali prostej, stosowanej przy przyrządach ze zwierciadłem. Na rys. 149 widzimy odpowiedni układ przyrządów, gdzie L oznacza zwierciadło, umocowane na części



Rys. 149. Bieg promieni przy odczytach na skali za pomocą lunety.

ruchomej przyrządu pomiarowego, S — skalę z podziałkami, T — lunetę, umieszczoną pod skalą, albo nad skalą.

Odczytane wskazanie na skali $ab = s$, odległość osi lusterka od skali — d i kąt odchylenia lusterka od położenia równoległego do skali — α . Na zasadzie prawa równości kątów padania i odbicia promienia świetlnego mamy:

$$\frac{s}{d} = \operatorname{tg} 2\alpha,$$

skąd:

$$s = d \cdot \operatorname{tg} 2\alpha.$$

Wzór ten stwierdza, że s nie jest proporcjonalne do α , i że tylko przy niewielkich odchyleniach lusterka można bez popełnienia wielkiego błędu, uważać s za proporcjonalne do α . Dla zdania sobie sprawy, jakie odchylenia czynią zadość powyższemu warunkowi, podaję tu, według Kohlrauscha, krótkie zestawienie liczb, jakie odjąć należy od wskazań, odczytanych na skali, aby otrzymać wielkości ściśle proporcjonalne do kąta α . Wskazania na skali i odległości d podane są w jednostkach jednakowych.

$\frac{s}{d}$	50	100	150	200	250
1000	0,04	0,33	1,11	2,60	5,02
1400	0,02	0,17	0,57	1,34	2,61
1800	0,01	0,10	0,35	0,82	1,59
2400	0,01	0,06	0,19	0,46	0,90

Z tego zestawienia wynika, że przy skali milimetrowej i najczęściej stosowanej odległości lunety od zwierciadła, wynoszącej 1000 mm, odchy-

lenie odpowiednie wynosi około 100 mm, wtedy poprawka będzie zaledwie 0,33%. Takie właśnie odchylenia stosowane są najczęściej w praktyce.

Jeżeli zaś zachodzi konieczna potrzeba zastosowania większych odchyleń, to trzeba, albo zwiększyć odległość skali i lunety od lusterka, albo też wprowadzić poprawki.

73. Wyrównywanie błędów.

Zmniejszenie wpływu błędów przypadkowych na wynik ostateczny może być osiągnięte przez powtórzenie wielokrotne pomiaru. W praktyce przy pomiarach niezbyt dokładnych zwykle powtarzamy pomiar trzy, albo pięć razy, przy pomiarach zaś bardzo dokładnych — 10 razy i więcej. Średnia arytmetyczna ze wszystkich wyników takich pomiarów wyraża wartość najprawdopodobniejszą mierzonej wielkości. *) O ile warunki wykonania pomiarów pozostają bez zmiany, dokładność pomiaru będzie tem większa, im więcej razy powtórzymy pomiar. Gdy mamy wyniki szeregu pomiarów jednej i tej samej wielkości, to dla oceny wartości tych pomiarów, pod względem błędów przypadkowych, miarodajnymi są: błąd średni poszczególnego pomiaru i błąd wartości średniej. Dla tych dwóch błędów wyprowadzimy wzory, za pomocą których można je obliczać.

74. Obliczanie błędu średniego poszczególnego pomiaru i błędu wartości średniej.

Oznaczmy przez R rzeczywistą wartość mierzonej wielkości, a przez A_1, A_2, \dots, A_n wartości, otrzymane przy poszczególnych pomiarach, wtedy średnią wartość otrzymamy ze wzoru:

$$A = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_n}{n} \quad (a)$$

Błędy poszczególnych pomiarów będą:

$$R - A_1 = x_1,$$

$$R - A_2 = x_2,$$

$$\dots$$

$$\dots$$

$$R - A_n = x_n,$$

*) O prawie błędów czytelnik znajdzie wiadomości w książce p. A. B. Daniłowicza: „Metoda najmniejszych kwadratów”. Tam też przytoczony jest dowód powyższego twierdzenia. Z tego dzieła zaczerpnąłem sposób wyprowadzenia dalej podanych wzorów.