

III. Wyznaczanie przybliżonej masy i objętości

1. Ważenie na wagach technicznych

Masę substancji można wyznaczać z różną dokładnością, zależnie od potrzeb i rodzaju sprzętu, na którym jest ważona substancja. W laboratoriach chemicznych są stosowane dwa podstawowe sposoby określania masy:

- przybliżony, z użyciem wagi technicznej,
- dokładny, z użyciem wagi analitycznej.

CHARAKTERYSTYKA I PODZIAŁ WAG

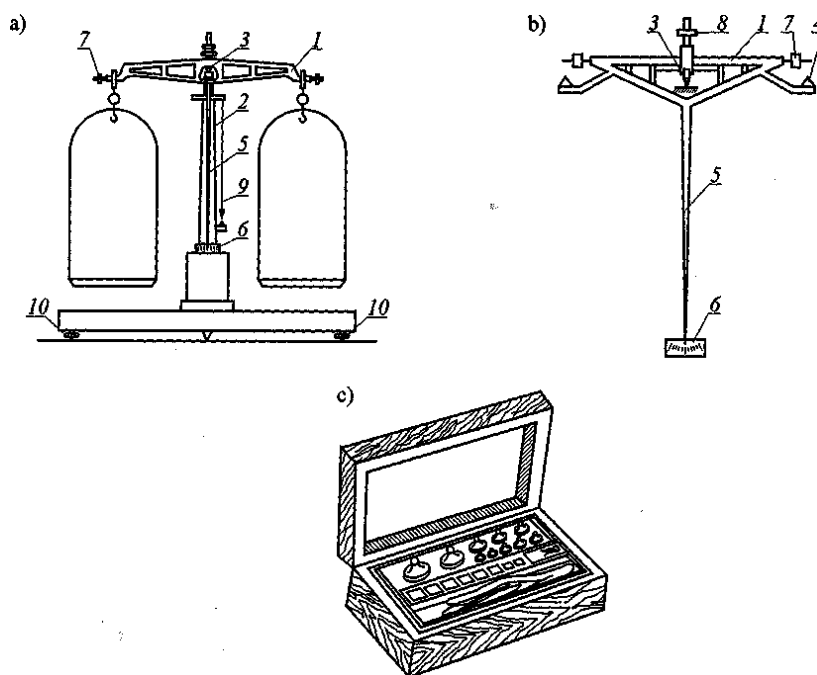
Wagi laboratoryjne są charakteryzowane za pomocą dwóch podstawowych wielkości - nośności i czułości.

Nośność wagi jest to maksymalne dopuszczalne obciążenie wagi, podane przez producenta, nie powodujące odkształcenia belki. **Czułość** wagi jest to wychylenie wskazówki wagi z położenia równowagi, o jedną podziałkę lub o kilka podziałek, pod wpływem określonej jednostki masy. Czułość wyrażana jest jako liczba działek skali przypadająca na jednostkę masy, np. 2 działki na 10 mg. Jest to najmniejsza masa, jaką można wyznaczyć (odczytać) na określonej wadze. **Dokładność** wyznaczania masy wynika z czułości wagi. Ze względu na nośność i dokładność wagi laboratoryjne dzieli się na:

- wagi techniczne - o różnej nośności i dokładności $\pm 0,01$ g;
- analityczne - o nośności przeważnie do 200 g i dokładności $\pm 0,1$ mg;
- półmikroanalityczne - o nośności zwykle do 100 g i dokładności $\pm 0,01$ mg;
- mikroanalityczne - o nośności przeważnie do 30 g i dokładności $\pm 0,001$ mg;
- ultramikroanalityczne - o nośności rzędu kilkuset mg i dokładności od $\pm 0,1$ do $\pm 0,01$ μ g.

WAGI TECHNICZNE

Na rysunku A17a i b jest przedstawiona waga techniczna i sposób zawieszania belki wagi. Schemat budowy wagi nie zawiera urządzenia aretującego, tzn. dźwigni podnoszącej belkę z podpórek. Do każdej wagi jest dołączony komplet odważników (rys. A17c). Odważniki są wykonane z odpowiednich stopów metali i mają kształt stożków ściętych lub - walców z uchwytem. W kompletach znajdują się następujące odważniki: 2 po 200 g, 1 po 100 g, 1 po 50 g, 2 po 20 g, 1 po 10 g, 1 po 5 g, 2 po 2 g, 1 po 1 g. Większość kompletów zawiera również odważniki blaszkowe o mniejszych masach: 1 po 500 mg, 2 po 200 mg, 1 po 100 mg, 1 po 50 mg, 2 po 20 mg, 1 po 10 mg. Niekiedy w skład kompletu wchodzi dodatkowo odważniki: 1 po 5 mg, 2 po 2 mg, 1 po 1 mg.



Rys. A17. Waga techniczna z wyposażeniem: a) waga: 1 - belka, 2 - wsporniki, 3 - pryzmat, 4 - pryzmaty boczne, 5 - wskazówka, 6 - podziałka, 7 - tarowniki, 8 - nakrętka, 9 - pion, 10 - nóżki wagi; b) belka wagi ze wskazówką, c) komplet odważników

OTOCZENIE WAGI

Wagi powinny się znajdować w specjalnym pomieszczeniu, zwanym pokojem wagowym. Pokój ten nie powinien być nasłoneczniony. Wilgoć, kurz i przeciągi mają negatywny wpływ na wyniki ważenia. Konieczne jest, aby panowała tam stała temperatura. Waga ustawiona na konsoli lub innym nieruchomym podłożu nie powinna być narażona na wstrząsy.

TECHNIKA WAŻENIA

Podczas ważenia należy wykonać następujące czynności:

1. Sprawdzić poziome ustawienie wagi - pion 9 (rys. 17) powinien być idealnie ustawiony. Ustawienie wagi wykonuje się za pomocą nóżki wagi 10, pokręcając ją wzdłuż osi pionowej.
2. Sprawdzić punkt zerowy. Po odaretowaniu wagi wskazówka, w idealnym przypadku, wychyli się w lewo i w prawo o taką samą liczbę działek - przyjmuje się wtedy punkt zerowy 0 za ustalony. Przy różnicy wychyleń o jedną działkę więcej w lewo punkt zerowy oznacza się jako +1, przy wychyleniu o jedną działkę w prawo oznacza się jako - 1. Gdy różnica wychyleń jest większa od jednej działki, reguluje się wagę, używając tarowników 7. Jeżeli wskazówka wychyliła się w lewo, to obraca się prawy tarownik tak, aby przesunął się bliżej środka belki lub obraca się lewy tarownik tak, aby odsunął się od środka belki (przy zamkniętej wadze).
3. Ustawić na lewej szalce odpowiednio dobrane naczynie. Substancje stałe waży się na szkiełkach zegarkowych, w naczynkach wagowych, krystalizatorach lub zlewkach. Wybór naczynia zależy od ilości ważonej substancji. Naczynie musi być tak dobrane, aby substancja zmieściła się w nim swobodnie, ale równocześnie musi mieć możliwie najmniejszą masę.
4. Położyć na prawą szalkę odważnik o masie prawdopodobnie odpowiadającej masie ważonego przedmiotu. Nie wolno przenosić odważników w dłoni - do tego celu służy pinceta. Nie wolno pożyczać odważników z innych kompletów. Odważniki użyte do ważenia należy odkładać w miejsce, z którego zostały wyjęte.
5. Odaretować wagę. Jeżeli wskazówka wychyliła się w lewą stronę, to znaczy, że masa odważnika jest zbyt duża. Wagę odaretowuje się ostrożnie. Im spokojniej wykona się tę czynność, tym mniejsze są wahania wskazówki i tym szybciej można ustalić punkt zerowy. Przy zbyt energicznym otwieraniu wagi mogą pospadać szalki z przyrządów.
6. Zamknąć wagę. Zdjąć zbyt duży odważnik, położyć kolejny, o mniejszej masie.
7. Odaretować wagę. Jeżeli wskazówka wychyliła się w lewo, to powtarzać czynności wg punktów 5 i 6. Jeżeli wskazówka wychyliła się w prawo, to oznacza, że masa odważnika jest za mała. Należy po zamknięciu wagi dołożyć kolejny odważnik. Czynności te należy powtarzać tak długo, aż w wyniku ważenia uzyska się identyczny punkt zerowy, jak w przypadku wagi nieobciążonej (punkt 2).
8. Zapisać wynik ważenia. Zapisuje się masę (w gramach) odważników zgromadzonych na szalce, poczynając od największego, z uwzględnieniem dokładności ważenia (0,01 g), a więc do drugiego miejsca po przecinku, po czym sumuje ich wartości, np. $10,00 + 2,00 + 0,50 + 0,05 = 12,55$ g.
9. Wsypać do zważonego naczynia ważoną substancję. Substancję stałą przenosi się za pomocą łyżeczki porcelanowej lub z tworzywa sztucznego, używanej wyłącznie do określonej substancji. Nie można tą samą łyżeczką pobierać chlorku sodu, a następnie siarczanu(VI) miedzi, ponieważ substancje mogą się zanieczyścić. Można użyć tej samej łyżeczki, ale po uprzednim umyciu i wysuszeniu. Podczas ważenia lepiej jest pobierać małe porcje substancji, aby potem nie wsypywać jej nadmiaru do firmowych opakowań, grozi to bowiem zanieczyszczeniem odczynnika.
10. Dostawić na prawą szalkę tyle odważników, ile odpowiada masie, która ma być zważona.
11. Odaretować wagę, ocenić, czy ilość substancji jest właściwa - jeżeli zbyt duża, to wskazówka wychyliła się w prawo.
12. Zaaretować wagę. Odsypać lub dosypać substancji. Dosypywanie lub odsypywanie substancji podczas ważenia jest możliwe tylko w przypadku produktów niehigroskopijnych.
13. Po uzyskaniu właściwego położenia punktu zerowego zapisać wynik ważenia. Masa ważonej substancji stanowi różnicę między masą wyznaczoną w punkcie 13. a masą wyznaczoną w punkcie 8.

PAMIĘTAJ!

Nie wolno ważyć ciepłych substancji i przedmiotów (znaczną różnicą pomiędzy temperaturą substancji a temperaturą otoczenia). Substancje, których pary powodują korozję należy ważyć w szczelnie zamkniętych naczyniach.

SPOSOBY WAŻENIA

Ważyc można trzema sposobami:

- bezpośrednio - sposób opisany powyżej;
- przez podstawienie - przedmiot ważony ustawia się na prawej szalce, a na lewej tarę (np. metalowe kulki). Po uzyskaniu równowagi wagi na miejsce przedmiotu wstawia się odważniki i ponownie równoważy wagę. Metoda ta ma na celu wyeliminowanie błędów wynikających z braku równoramienności wagi;
- podwójnie - pierwsze ważenie: przedmiot ustawiony na lewej szalce, a odważniki na prawej szalce, drugie ważenie: przedmiot ustawia się na prawej, a odważniki na lewej szalce. Wynik oblicza się jako średnią arytmetyczną obydwu ważen. Metoda ta jest najdokładniejsza i również eliminuje błędy wynikające z defektów konstrukcyjnych wagi.

Sprawdzanie prawidłowości wskazań wagi może odbywać się przez:

- ważenie wzorców masy - przy użyciu odważników wzorcowych,
- legalizowanie wag - przez pracowników specjalnych służb.

BŁĘDY WAŻENIA

Błędy ważenia wynikają z niedokładności konstrukcyjnych aparatury i sprzętu, a także z niedokładności osoby wykonującej określoną czynność. Niektóre błędy można ocenić wizualnie, np. niedokładnie umyte naczynie, inne zaś można oszacować, o ile wykonywana czynność daje się określić wartością liczbową. Masa zważonego przedmiotu jest obciążona zawsze pewnym błędem, którego przyczyną może być:

1. Ograniczona dokładność i niedostateczna czułość wagi. Waga techniczna charakteryzuje się dokładnością $\pm 0,01$ g. Masa oznaczona na tej wadze, np. 10,00 g w rzeczywistości może wynosić od 9,99 do 10,01 g. Przy masie wielkości kilku czy kilkunastu gramów różnica nie jest zbyt znacząca, ale jeżeli ważony przedmiot ma masę 0,05 g, to różnica w zakresie od 0,04 do 0,06 g jest bardzo duża (należy wtedy zastosować wagę o większej dokładności wskazań). Wartość 0,01 g stanowi tzw. błąd bezwzględny, oznaczany symbolem d . Jest to różnica wartości zmierzonej i wartości rzeczywistej. Wyraża się ją w takich jednostkach, w jakich wykonuje się pomiar - w przypadku ważenia są to gramy. Błąd ten nie może służyć do oceny dokładności pomiaru. Do oceny dokładności wyniku służy błąd względny. Błąd względny (E) jest to stosunek błędu bezwzględnego do wartości rzeczywistej u :

$$E = d/u$$

a wyrażony w procentach: $E = d/u \cdot 100\%$,

Błędy zarówno względny, jak i bezwzględny, obliczane na podstawie rzeczywistej wartości u , są wielkościami teoretycznymi. W praktyce wartość u nie jest znana. Błąd względny oblicza się jako stosunek błędu bezwzględnego do wartości ważonej masy.

Zadanie

Oblicz błąd względny ważenia na wadze o dokładności 0.1 g: a) próbki 100 g. b) próbki 10g. c) próbki 1 g.

Obliczenia

a) $E = 0,1/100 \cdot 100\% = 0,1\%$ b) $E = 0,1/10 \cdot 100\% = 1\%$ c) $E = 0,1/1 \cdot 100\% = 10\%$

Ważenie w laboratorium chemicznym nie powinno odbywać się z błędem większym niż 0,1%. Z podanych przykładów wynika, że tylko dla próbki o masie 100 g wybrano właściwą wagę.

2. Niedokładność odważników. Koniecznym warunkiem poprawnego ważenia jest wzajemna zgodność poszczególnych odważników w obrębie jednego kompletu, czyli powtarzalność, np. dwa odważniki jednogramowe muszą ważyć dokładnie tyle samo co jeden dwugramowy odważnik. Dokładność (odchylenie masy odważnika od wartości, którą ma wygrawerowaną) i powtarzalność poszczególnych odważników sprawdza się za pomocą kalibracji. Każdy nowy komplet odważników powinien być kalibrowany. Do tego celu służą specjalne komplety odważników wzorcowych. Kalibracja polega na porównaniu masy odważnika z odważnikiem wzorcowym metodą podwójnego ważenia.

3. Niewłaściwe ustawienie wagi. Waga powinna być wypoziomowana, unieruchomiona, a przed ważeniem konieczne jest sprawdzenie punktu zerowego.

4. Niewłaściwa wielkość odważki. Masę ważonej substancji należy dobierać do dokładności i nośności wagi. Nie może ona być zbyt mała, ponieważ wtedy wzrasta wartość błędu względnego, ale równocześnie nie może być zbyt duża, aby nie obniżać czułości wagi.

5. Zbyt duże i ciężkie naczynie służące do odważania. Odważka substancji jest umieszczana w uprzednio zważonym naczyniu. Na dokładność ważenia wpływ ma zatem masa substancji i masa naczynia

6. Nieidentyczność (zmienność) warunków przy kolejnych ważeniach tej samej próbki. W toku prac laboratoryjnych niejednokrotnie należy przeprowadzać kilkakrotne ważenie podczas tego samego badania. Jeżeli zachowane będą stałe warunki ważenia, to wiele błędów będzie się eliminować i prawdopodobieństwo dobrych wyników się zwiększy.

PAMIĘTAJ!

Ważenie jest przeprowadzone poprawnie tylko wtedy, kiedy:

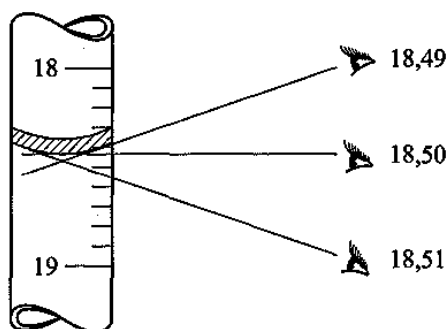
- waga jest dokładna, dostatecznie czuła i właściwie ustawiona,
- odważniki są powtarzalne i dokładne,
- odważka ma odpowiednią masę i jest ważona w małym i lekkim naczyniu,
- warunki przy każdorazowym ważeniu w toku badania tej samej próbki są identyczne.

2. Odmierzanie objętości cieczy cylindrem miarowym

W laboratorium można odmierzać objętości cieczy z różną dokładnością. Do dokładnego odmierzania służą pipety i biurety. Do odmierzania przybliżonej objętości cieczy najczęściej jest stosowany cylinder miarowy. Cylinder miarowy jest to grubościennie, cylindryczne naczynie szklane, mające na zewnętrznej ścianie podziałkę. Określone objętości są zaznaczone krótką kreską. Cylindry są skalowane na wylew, czyli ich objętość jest powiększona o objętość cieczy pozostającej na ściankach.

Pojemność naczyń miarowych, zgodnie z Międzynarodowym Układem Jednostek SI, wyraża się w centymetrach sześciennych (cm^3), stanowiących 0,001 część decymetra sześciennego. Ponieważ objętość naczyń miarowych oraz roztworów zmienia się wraz ze zmianą temperatury, dlatego ustalono tzw. normalną temperaturę skalowania, która wynosi 20°C . Cylindry miarowe mogą mieć różne pojemności od 5 cm^3 do 2 dm^3 .

Podczas odmierzania cieczy cylindrem miarowym należy zwrócić uwagę na jego pojemność oraz dokładność odczytu. Oczy obserwatora podczas odczytu powinny się znajdować na poziomie menisku cieczy. Unika się wówczas błędów w odczytach spowodowanych tzw. **paralaksą** (rys. A18).



Rys. A18. Zjawisko paralaksy

W przypadku roztworów bezbarwnych odczytów dokonuje się według dolnej linii menisku, a w przypadku roztworów zabarwionych - według linii górnej. Pojemność cylindra należy dobierać do objętości cieczy, którą będzie się w nim odmierzać, np. nie należy odmierzać 10 cm^3 cylindrem o pojemności 100 cm^3 , gdyż dokładność jego wynosi 1 cm^3 . Dokładność pomiaru cylindrem odpowiada objętości działki elementarnej, czyli odległości między dwiema kreskami na skali. W przypadku cylindra o pojemności 1000 cm^3 (1 dm^3) dokładność odmierzania cieczy wynosi 10 cm^3 .

Cylindry nie są odporne na zmiany temperatury, nie wolno więc ich ogrzewać, ani wlewać do nich gorących cieczy. Nie wolno rozcieńczać w nich stężonego kwasu siarkowego(VI) ze względu na egzotermiczność tego procesu.

PAMIĘTAJ!

Pojemność cylindra dobiera się odpowiednio do objętości odmierzanej cieczy. Odczytując objętość, należy unikać błędu paralaksy. Nie wolno odmierzać objętości gorących roztworów i nie wolno suszyć cylindrów w suszarce elektrycznej.

IV. Przygotowywanie roztworów

1. Przechowywanie odczynników

Podstawową umiejętnością, wykorzystywaną w laboratorium chemicznym, jest sporządzanie roztworów substancji potrzebnych do badań analitycznych bądź prac preparatywnych. Roztwory sporządza się z odczynników chemicznych otrzymywanych przemysłowo lub otrzymanych w laboratorium chemicznym. Substancje, z których sporządza się roztwory, powinny być zabezpieczone przed zanieczyszczeniem i przed działaniem czynników mogących zmienić ich skład chemiczny.

Odczynniki stałe najlepiej przechowywać w oryginalnych opakowaniach, dokładnie zamkniętych. Jeżeli jest to niemożliwe, to najlepiej używać słoików ze szczelnie dopasowanym zamknięciem. Na naczyniu zawierającym substancję zawsze musi się znajdować naklejka z jednoznacznym opisem zawartości.

Każde opakowanie firmowe z odczynnikiem ma na zewnętrznej stronie przyklejoną etykietkę z nazwą odczynnika, najczęściej w dwóch językach, symbolem pierwiastka albo wzorem związku chemicznego, stopniem czystości, masą atomową lub cząsteczkową, nazwą zakładu produkującego odczynnik. Na opakowaniach odczynników czystych (cz.) i czystych do analizy (cz.d.a.) znajduje się wykaz ich zanieczyszczeń. Substancje stanowiące zagrożenie (palne, trujące itp.) mają na etykiecie biały napis ostrzegawczy na czarnym tle. Wielkość liter tego napisu powinna być większa od liter napisu informacyjnego. Dla substancji stanowiących mniejsze zagrożenie wystarczy słowo ostrożnie, dla bardziej niebezpiecznych jest to wyraz niebezpieczeństwo. Trucizny oznacza się rysunkiem trupiej czaszki (dwa razy większym od liter napisu informacyjnego) i napisem trucizna. Na etykiecie są umieszczane także wskazówki niezbędne do właściwego używania substancji, np.: uwaga - łatwopalne, chronić oczy i inne.

Właściwe oznaczenia na każdym naczyniu są podstawą posługiwania się wszystkimi substancjami. Naczynie z substancją, którą w danej chwili wykorzystujemy, wystarczy oznakować specjalną kredką do pisania na szkłe lub nakleić etykietkę z odpowiednią nazwą substancji. Wymagania są znacznie większe w stosunku do odczynników przechowywanych na półkach nad stołem laboratoryjnym lub w szafce. Na opakowaniu powinno być wykonane w sposób trwały i widoczny oznakowanie zawierające:

- nazwę chemiczną i wzór substancji,
- napis ostrzegawczy, jeżeli substancja stwarza zagrożenie dla zdrowia,
- napis informujący o potrzebie zachowania szczególnej ostrożności, np.: żrące, trucizna itp.

Oprócz samych napisów informacyjno-ostrzegawczych na etykiecie jest ważny układ tych napisów. Przez zróżnicowanie wielkości i barw liter należy wyodrębnić nazwę substancji i napisy ostrzegawcze. Oznaczenia na opakowaniach substancji trujących powinny być wyraźne, wykonane w sposób trwały. Słowo trucizna oraz znak ostrzegawczy należy umieszczać jedynie na etykietach substancji ujętych w wykazie trucizn i środków szkodliwych. Trucizny przechowuje się w osobnych, dokładnie zamkniętych pomieszczeniach, najlepiej w kasetach zamkniętych w szafie, zaopatrzonej w dwa zamki. Na szafie powinien być umieszczony napis trucizna wykonany białymi literami na czarnym tle oraz rysunek czarnej czaszki ze skrzyżowanymi piszczelami na tle żółtego trójkąta z czarną obwódką. W pomieszczeniu tym musi się znajdować instrukcja z opisem objawów działania trucizn i sposobami udzielania pierwszej pomocy w przypadku zatrucia. Oprócz instrukcji musi również się znajdować apteczka zaopatrzona w środki neutralizujące, które są potrzebne w przypadku rozlania lub rozsypania trucizny, oraz w środki potrzebne do udzielania pierwszej pomocy osobie poszkodowanej.

RODZAJE OPAKOWAŃ

Rodzaj opakowania zależy od właściwości przechowywanej w nim substancji i jej ilości. W magazynie laboratorium chemicznego najczęściej przechowuje się substancje w opakowaniach firmowych.

Odczynniki stałe są przechowywane zazwyczaj w słoikach z ciemnego szkła, z nakrętkami wykonanymi z tworzywa sztucznego i uszczelnionymi krążkiem tektury z nałożonym pergaminem lub krążkiem z tworzywa sztucznego. Słoiki z odczynnikami wrażliwymi na wilgoć, dwutlenek węgla oraz butelki z doszlifowanymi korkami szklanymi muszą mieć zalane parafiną miejsca zetknięcia nakrętki lub korka z szyjką naczynia.

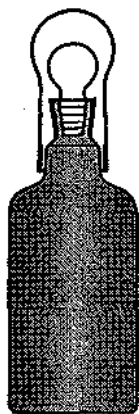
Substancje stałe, które gwałtownie reagują z tlenem lub z powietrzem, przechowuje się w słoikach wypełnionych odpowiednią cieczą, np.: fosfor biały - wodą; sól i potas - naftą.

Odczynniki ciekłe przechowuje się w ciemnych butelkach z korkami doszlifowanymi, korkowymi owiniętymi pergaminem lub z tworzywa sztucznego. Zamknięcie korkiem zwykłym lub z tworzywa dodatkowo jest zabezpieczone nakrętką. Ciecze lotne przechowuje się w rurach szklanych, zatopionych z obydwu końców, butelkach z zatopioną szyjką lub ampulkach (małe ilości). Substancje ciekłe, które reagują ze szkłem, np. kwas fluorowodorowy, przechowuje się w butelkach pokrytych szczelnie od wewnątrz parafiną.

Odczynniki chemiczne są pakowane na ogół w małe opakowania zawierające nie więcej niż 1 kg substancji.

Większe ilości kwasów sprowadza się i przechowuje w kanistrach wykonanych z tworzywa sztucznego, zamykanych nakrętkami lub w balonach szklanych zaopatrzonych w szklane kroki i uszczelnione kapturkami. Balony z kwasami lub innymi cieczami ustawia się w koszach ochronnych (metalowych lub z wikliny).

Przestrzeń między koszem a balonem jest wypełniona, np. wiórami. W przypadku cieczy utleniających, takich jak kwas siarkowy(VI) lub azotowy(V), kosz jest wypełniony materiałem niepalnym. Małe ilości stężonych kwasów przechowuje się pod wyciągiem w butelkach z doszlifowanym korkiem zabezpieczonym kołpakiem (rys. A20).



Rys. A20. Butelka z ochronnym kołpakiem

Niektórych substancji nie wolno przechowywać w naczyniach ze szlifem. Należą do nich między innymi: ług sodowy i potasowy oraz szkło wodne, ponieważ sklejają one korek z szyjką. Substancje takie przechowuje się w butelkach zamykanych korkami gumowymi.

2. Stężenia roztworów

W laboratoriach odczynniki chemiczne są stosowane w postaci substancji stałych lub w postaci roztworów. Zawartość głównego składnika w odczynniku stałym jest wyrażana przeważnie w procentach masowych (m/m). Stężenie odczynników w postaci roztworów jest wyrażane różnie, zależnie od potrzeb. Wśród roztworów stosowanych w laboratoriach chemicznych wyróżnia się dwie grupy:

- roztwory o ściśle określonym stężeniu,
- roztwory pomocnicze, o stężeniu określanym w przybliżeniu.

Stężenie roztworów pomocniczych podaje się najczęściej w procentach objętościowych i masowych, rzadziej w procentach molowych.

Procent objętościowy (V/V) jest to liczba części objętości substancji zawarta w 100 częściach objętości roztworu. Odnosi się ona do substancji ciekłych, np. 10-procentowy (V/V) roztwór kwasu octowego jest sporządzony z 10 cm³ czystego kwasu i 90 cm³ wody.

Procent masowy (m/m) wyraża liczbę części masowych substancji zawartą w 100 częściach masowych roztworu, np. 10-procentowy (m/m) roztwór kwasu octowego jest sporządzony z 10 g czystego kwasu i 90 g wody. Stężenie procentowe masowe c_r można wyrazić wzorem:

$$c_r = m_s/m_r \cdot 100\%$$

w którym:

ms - masa substancji,

mr - masa roztworu.

Procent molowy (n/n) jest to liczba moli substancji rozpuszczonej w 100 molach roztworu, np. 10-procentowy (n/n) roztwór kwasu octowego jest sporządzony z 10 moli kwasu i 90 moli wody.

Podane przykłady wyrażają wyłącznie stosunek ilościowy składników roztworu. Ilości kwasu i wody mogą być inne, zależne od wymaganej objętości roztworu.

W przypadku bardzo małych stężeń, zarówno w roztworach, jak i ciałach stałych, używa się części na milion - ppm (ang. parts per milion). Stężenie to określa, ile części masowych substancji znajduje się w milionie części masowych roztworu lub ciała stałego.

Ściśle określone stężenie roztworów wyrażane jest jako stężenie molowe lub masowe.

Stężenie molowe określa ilość moli n danej substancji zawarte w 1 dm³ roztworu V i oznaczane jest symbolem c_m:

$$c_m = n/V \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Stężenie masowe T jest to stosunek masy m określonego składnika do objętości roztworu V zawierającej tę masę i wyraża się ilorazem:

$$T = m/V \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ lub } \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

Roztwory sporządzać można z substancji:

- stałej bezwodnej,
- stałej uwodnionej,
- ciekłej zawierającej 100% składnika,
- ciekłej rozcieńczonej,
- gazowej.

3. Obliczanie ilości składników roztworów

STĘŻENIE PROCENTOWE

Skład roztworu: substancja stała bezwodna i woda

Zad. 1. Oblicz, ile gramów KOH należy odważyć, aby sporządzić 500 g roztworu o stężeniu 10%(m/m).

Obliczenia

Dane: Szukane:

c_p = 10% ms

m_r = 500 g

$$c_p = m_s/m_r \cdot 100\%$$

$$m_s = (c_p \cdot m_r)/100\% = (10\% \cdot 500\text{g})/100\% = 50\text{g}$$

Odp. W celu sporządzenia 500 g roztworu KOH o stężeniu 10%(m/m) trzeba odważyć 50 g substancji.

Zad. 2. Oblicz, jakie jest stężenie procentowe (m/m) roztworu, jeżeli 15 g substancji rozpuszczono w 250 g wody.

Substancja stała uwodniona i woda

Zad. 3. W wodzie rozpuszczono 10 g CaCl₂ • 2 H₂O. Powstało 400 g roztworu. Oblicz jego stężenie procentowe (m/m).

Obliczenia

Dane: Szukane:

m_r = 400 g

c_p

m_s = 10 g

Najpierw należy obliczyć masę substancji bezwodnej:

$$M_{\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = 147\text{g}$$

$$M_{\text{CaCl}_2} = 111\text{g}$$

$$m_{\text{CaCl}_2} = \frac{10\text{g} \cdot 111\text{g}}{147\text{g}} = 7,55\text{g}$$

Czyli w 400 g roztworu znajduje się 7,55g czystego CaCl_2 . Jakie więc jest stężenie procentowe roztworu?

Zad. 4. Oblicz, ile gramów $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ należy odważyć w celu sporządzenia 500 g roztworu o stężeniu 20%(m/m).

Zad. 5. Oblicz, ile gramów i jaką objętość kwasu octowego o gęstości $d = 1,2\text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ należy użyć do sporządzenia 200 g roztworu o stężeniu 15%(m/m).

Zad. 6. Zmieszano roztwory HNO_3 o stężeniach molowych $c_{m1} = 0,5\text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ i $c_{m2} = 2,75\text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Otrzymano 5 dm^3 roztworu o stężeniu $c_{m3} = 2\text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Oblicz, jakie objętości V_1 i V_2 roztworów zostały zmieszane.

4. Sporządzanie roztworów pomocniczych

Podczas sporządzania roztworów należy obliczyć ilości substancji potrzebnych do ich sporządzenia oraz dobrać wagę, na jakiej sporządzi się odważkę. Przeważnie sporządza się trzy rodzaje roztworów:

- 1) pomocnicze - odważka jest przygotowywana na wadze technicznej;
- 2) o ściśle określonym stężeniu; sporządza się je z odważki dokładnej, bez sprawdzania stężenia - odważka jest przygotowywana na wadze analitycznej;
- 3) o ściśle określonym stężeniu; stężenie określa się przez tzw. mianowanie; odważka jest przygotowywana na wadze technicznej. Mianowanie polega na sprawdzeniu stężenia roztworu przez dodanie do jego próbki równoważnej ilości substancji o ściśle określonym stężeniu i wchodzącej z nią w reakcję. Z ilości dodanej substancji, znając jej stężenie, można obliczyć stężenie badanego roztworu.

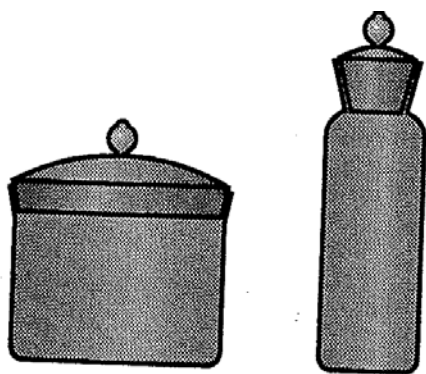
SPORZĄDZANIE ODWAŻKI

Odważka substancji przyjęto nazywać potrzebną do określonych celów masę substancji, odważaną na wadze technicznej lub analitycznej. W zapisie masy odważki bardzo istotne znaczenie ma dokładność odważenia substancji. Na wadze technicznej odważa się substancję z dokładnością $\pm 0,01\text{ g}$, a na wadze analitycznej przeważnie z dokładnością $\pm 0,0002\text{ g}$. Masę odważki sporządzonej na wadze technicznej zapisuje się z dokładnością do drugiego miejsca po przecinku, np. 25,35 g. Masę odważki sporządzonej na wadze analitycznej zapisuje się z dokładnością do czwartego miejsca po przecinku, np. 25,3548 g. Po zapisie masy można odróżnić, na jakiej wadze odważano substancję.

W przepisach ćwiczeń można spotkać następujące zapisy:

- odważyć około 1,00 g substancji; oznacza to, że odważkę sporządza się na wadze technicznej, a jej masa nie musi być dokładnie równa 1,00 g, lecz może wahać się w granicach 10%, czyli może wynosić od 0,90 do 1,10 g;
- odważyć 1,00 g substancji - waga techniczna, masa równa 1,00 g;
- odważyć około 1,0000 g - waga analityczna, masa może mieć wartość od 0,9000 do 1,1000 g;
- odważyć dokładnie 1,0000 g - waga analityczna, masa równa 1,0000 g.

Odważki sporządza się w naczyniach przeznaczonych do tego celu. Najbardziej uniwersalnym pojemnikiem jest naczynko wagowe (rys. A21). Można w nim ważyć nawet higroskopijne substancje, ponieważ pokrywka ze szlifem zamyka je szczelnie. Jedynym ograniczeniem jest masa ważonej substancji, naczynka wagowe nie mają zbyt dużej pojemności. Substancje niehigroskopijne i niesublimujące można ważyć w naczyniach odkrytych, np. w małych zlewkach lub na szkiełkach zegarkowych. Żadnych substancji nie wolno ważyć ani na papierze, ani na bibule filtracyjnej.



Rys. A21. Naczynka wagowe

PRZENOSZENIE ODWAŻKI DO ROZTWORU

Przygotowaną odważkę przenosi się do naczynia, w którym będzie przyrządzany roztwór. Naczyniami służącymi do sporządzania i przechowywania roztworów są butelki o różnej objętości, z doszlifowanymi korkami. Odważkę przesypuje się do butelki przez lejek szklany z szeroką nóżką, a naczynko wagowe płucze się dokładnie wodą destylowaną w taki sposób, aby pozostała na nim substancja została przelana przez lejek. Jeżeli butelka nie ma zaznaczonej kreski określającej jej pojemność, to wodę potrzebną do sporządzenia roztworu odmierza się cylindrem miarowym. Wodę do spłukiwania naczynka pobiera się wówczas z cylindra - z odmierzonej już wcześniej objętości. Najpierw wlewa się do butelki część wody, następnie zamyka się ją korkiem, i wstrząsając, miesza zawartość do rozpuszczenia substancji stałej. Po uzyskaniu klarownego roztworu dodaje się resztę wody i miesza roztwór. Na butelce należy nakleić etykietę podającą nazwę substancji, stężenie roztworu i datę jego sporządzenia.

Roztwory można sporządzać również w kolbach miarowych, ale naczynia te nie służą do przechowywania roztworów. Odważkę przenosi się do kolby miarowej - podobnie jak do butelki - uważając przy tym, aby przy spłukiwaniu substancji objętość roztworu nie przekroczyła kreski na szyjce kolby, a następnie uzupełnia się objętość cieczy do kreski, według menisku dolnego. Zawartość kolby, po dokładnym wymieszaniu, przelewa się do czystej i suchej butelki, po czym nakleja się etykietę.

PAMIĘTAJ!

W celu prawidłowego sporządzenia roztworu o określonym stężeniu procentowym należy:

1. Obliczyć potrzebną masę substancji i rozpuszczalnika (np. wody).
2. Odważyć na wadze technicznej obliczoną ilość substancji lub odmierzyć cylindrem miarowym odpowiednią jej objętość.
3. Odmierzyć cylindrem obliczoną ilość rozpuszczalnika, np. wody.
4. Przygotować odpowiednie naczynie na roztwór, np. butelkę o odpowiedniej pojemności.
5. Przenieść odważkę (bez strat) do butelki, używając lejka z szeroką nóżką i bagietki.
6. Przepłukiwać wodą z cylindra lejek tak długo, aż wyczerpie się przygotowany rozpuszczalnik, a substancja ulegnie całkowitemu zmyciu z lejka.
7. Przy sporządzaniu roztworu o przybliżonym stężeniu, można użyć zlewki. Należy wtedy w części rozpuszczalnika rozpuścić substancję w zlewce, wymieszać do rozpuszczenia i przelać do butelki, przepłukać zlewkę dwukrotnie porcjami rozpuszczalnika z cylindra i wymieszać roztwór.
8. Nakleić etykietkę z odpowiednimi informacjami.

W celu sporządzenia roztworu o określonym stężeniu molowym należy:

1. Obliczyć potrzebną ilość substancji.
2. Sporządzić odważkę na wadze technicznej.
3. Przygotować kolbę miarową o odpowiedniej pojemności.
4. Przenieść substancję do kolby, używając lejka z odpowiednią nóżką i tryskawki z wodą destylowaną. W kolbie nie może być zbyt dużo wody, ponieważ należy nią wstrząsać aż do rozpuszczenia się substancji.
5. Po rozpuszczeniu substancji dopełnić kolbę wodą destylowaną do kreski (menisk dolny).
6. Przelać roztwór do butelki, nakleić etykietę.