

W obowiązującym programie chemii szkoły podstawowej obliczenia chemiczne dotyczą tylko procentowych stężeń roztworów i stanowią tzw. piętę Achillesową uczniów. Zebrane przeze mnie informacje wskazują na to, że najlepsze wyniki w nauczaniu rozwiązywania zadań uzyskuje się stosując logiczny tok rozumowania, wynikający z najprostszej definicji.

W niniejszym artykule pragnę zwrócić uwagę na preferowany przeze mnie sposób rozwiązywania tego typu zadań. W drugiej części artykułu pokazuję schemat, który pozwoli nauczycielowi wzbogacić liczbę kombinacji układanych zadań.

Aktualnie najbardziej rozpowszechnione są dwie definicje, określające stężenie procentowe roztworów:

1. Stężenie procentowe roztworu mówi nam, ile gramów danej substancji znajduje się (jest rozpuszczone) w 100 g roztworu(1).

2. Stężenie procentowe roztworu jest to stosunek masy substancji znajdującej się w roztworze do masy tego roztworu. Ponieważ stosunek ten jest liczbą ułamkową niemianowaną, aby otrzymać stężenie wyrażone w procentach, należy otrzymany ułamek pomnożyć przez 100%. Wykonanie obliczeń na podstawie drugiej definicji wymaga umiejętności przekształcania wzorów.

Obliczenia na podstawie pierwszej definicji wykonuje się wykorzystując wielkości wprost proporcjonalne (tzw. reguła trzech). Opanowanie tego sposobu rozwiązywania zadań, na poziomie szkoły podstawowej, daje podstawowe umiejętności potrzebne potem w obliczeniach stechiometrycznych.

Stosując regułę trzech, posługujemy się poznaną już wcześniej na lekcjach matematyki zależnością, np.:

Stosując regułę trzech, posługujemy się poznaną już wcześniej na lekcjach matematyki zależnością, np.:

Jeżeli w 100 g roztworu znajduje się 5 g substancji rozpuszczonej (roztwór 5%), to w 50 g tego roztworu będzie znajdowało się 2,5 g tej substancji.

$$100 \text{ g} : 5 \text{ g} = 50 \text{ g} : 2,5 \text{ g}$$

Wartość 100 g jest w każdej proporcji tego typu stała, gdyż wynika ona z definicji (1), a iloczyn wyrazów skrajnych równa się iloczynowi wyrazów środkowych: $100 \cdot 2,5 = 5 \cdot 50$. Jeżeli w takiej proporcji jedna z wartości (2,5 lub 5 lub 50) będzie niewiadomą, to wyliczenie jej nie nastęrczy uczniom większych trudności.

Rozwiązanie najprostszych zadań tego typu (pierwsza grupa trudności) wymaga podstawienia do proporcji danych występujących w tekście zadania. Wielkość zawarta w pytaniu będzie niewiadomą występującą w tej proporcji.

Rozwiązując zadania trochę trudniejsze (druga grupa trudności), należy wyliczyć stężenie procentowe roztworu, natomiast danymi są masa wody i masa substancji, znajdującej się w roztworze. Do ułożenia proporcji wykorzystujemy wyliczoną masę roztworu oraz podaną

masę substancji rozpuszczonej.

Rozwiązując zadania o większym stopniu trudności (trzecia grupa trudności) należy obliczyć ilość wody zawartej w roztworze. W zadaniach tych należy najpierw obliczyć masę roztworu lub masę substancji w nim rozpuszczonej, stąd otrzymujemy masę wody znajdującej się w roztworze. Zadania tej grupy można też rozwiązywać wprowadzając do proporcji wyrażenia:

$(b - x)$ - masę substancji rozpuszczonej lub $(c + x)$ masę roztworu. W wyrażeniach tych b oznacza znaną masę roztworu, x - szukaną masę wody, c - znaną masę substancji.

Rozwiązując zadania, których stopień trudności jest największy (czwarta grupa trudności) wstawiamy do proporcji wyrażenie $(x - a)$ - masę substancji znajdującej się w roztworze, lub $(y + a)$ - masę roztworu. W wyrażeniach tych a oznacza masę wody, natomiast x - masę roztworu, y - masę substancji znajdującej się w roztworze.

W pierwszej grupie mamy trzy możliwości ułożenia zadań, natomiast w każdej z pozostałych grup po dwie możliwości. Tak więc w sumie istnieje dziewięć podstawowych rodzajów zadań (kombinacji).

Zadania, w których wszystkie dane, jak i szukana niewiadoma są podane w gramach, stanowią jeden typ zadań (w tabeli pierwsze zadania w każdej z kombinacji). Drugi - zadania, w których przynajmniej jedna dana lub niewiadoma podana jest w cm^3 . Ilość substancji rozpuszczonej podajemy w cm^3 w przypadku gdy jest ona cieczą. Zadania tego typu można podzielić na identyczne cztery stopnie trudności, jak zadania poprzedniego typu. Należy jednak pamiętać, że zadanie w którym jest podana objętość, a nie masa, nawet jeżeli należy do tej samej grupy trudności, będą zawsze sprawiały więcej kłopotu w rozwiązywaniu, niż zadania w których wszystkie dane i niewiadoma wyrażone są w gramach. Zadania tego typu można podzielić na trzy rodzaje. W jednym, przed przystąpieniem do układania proporcji, należy ilości substancji wyrażone w jednostkach objętości przeliczyć na jednostki masy. W drugim, otrzymany wynik z rozwiązania proporcji, podający ilość substancji w gramach, należy przeliczyć na objętość. Natomiast w trzecim dane są wyrażone w jednostkach objętości i w jednostkach tych należy podać wynik zadania. Uwzględniając powyżej podane kombinacje dziewięciu podstawowych rodzajów zadań, można rozszerzyć je do trzydziestu sześciu. Liczbę kombinacji można zwiększyć, podając dane w gramach, a wynik należy podać np. w kg lub odwrotnie, albo gdy jedna dana jest podana w gramach, a druga w kg. Podobnie objętość można podawać w cm^3 lub dm^3 . Uwzględniając podane możliwości liczba kombinacji zwiększa się do pięćdziesięciu czterech.

Należy nadmienić, że istnieją zadania, które rozwiązuje się w identyczny sposób, a ich treść może być w różny sposób sformułowana. Np.:

1. Obliczyć, ile gramów soli kuchennej znajduje się w 40 g 7% roztworu tej soli?
2. Obliczyć, ile należy odważyć soli kuchennej, aby sporządzić 40 g 7% roztworu tej soli?
3. Obliczyć, ile gramów soli kuchennej pozostanie, jeżeli całkowicie odparujemy wodę z 40 g 7% roztworu tej soli?

Biorąc pod uwagę ten fakt, liczbę kombinacji możemy co najmniej podwoić i powstanie w

ten sposób podręczny zbiorok ponad 100 zadań dotyczących obliczania stężeń procentowych roztworów. Sądzę, że taka liczba zadań przy tak małym wymiarze godzin przeznaczonych w programie na nauczanie tego zagadnienia, będzie wystarczająca nawet dla najbardziej wymagającego nauczyciela chemii.

Zamieszczona tabela podaje wszystkie możliwe kombinacje zadań dotyczące stężeń roztworów.

Aby ułożyć zadanie z zakresu procentowych stężeń roztworu, wystarczy w jego temacie podać dwie dane spośród zamieszczonych w kolumnie 3-6 (wielkości podane w kolumnach 3-5 są ze sobą związane: masa rozpuszczalnika + masa substancji = masa roztworu).

Np. gdy niewiadomą jest wartość z kolumny 6, wystarczy podać dwie dane zawarte w kolumnach 3-5 ub gdy niewiadoma jest wartość z kolumny 4 wystarczy podać dwie dane z kolumny 3, 5 lub 6 itp.

Przedstawiona tabela ułatwia układanie zadań o wybranym stopniu trudności. Jeżeli chcemy ułożyć łatwe zadanie z uwzględnieniem przeliczenia objętości ciekłej substancji rozpuszczalnej w wodzie na jej masę i aby wynik zadania podawał procentowe stężenie tej substancji w roztworze, postępujemy w następujący sposób: w kolumnie 7 odszukujemy kombinacje) oznaczone „1” („1” - najmniejszy stopień trudności). Następnie spośród zadań oznaczonych w kolumnie 7 „1”, odszukujemy w kolumnie 6 te zadania, w których stężenie procentowe jest niewiadomą „N”. Warunek ten spełniają kombinacje oznaczone w kolumnie 2 jako 1. Spośród kombinacji I wybieramy te zadania, w których przynajmniej jedna dana (ilości roztworu, ilości substancji) podana jest w cm^3 . Warunek taki spełniają zadania oznaczone numerami 2, 3 i 4.

Przed ułożeniem tematu zadań 3 i 4 należy najpierw:

1. Założyć dla jakiego stężenia procentowego danej substancji występującej w roztworze chcemy wykonać obliczenie (jest to odpowiedź na pytanie zawarte w zadaniu), np. 17% roztwór kwasu octowego.

2. Odczytać z tabel, jaką gęstość ma roztwór o takim stężeniu.

3. Obliczyć, ile substancji znajduje się w objętości roztworu, dla której chcemy wykonać obliczenie. Danymi w tym zadaniu będą więc objętość roztworu i jego gęstość oraz objętość lub masa substancji znajdującej się w roztworze.

Przykład ułożenia zadania oznaczonego numerem 4.

Z tabel odczytujemy, że 17% wodny roztwór kwasu octowego ma gęstość $1,022 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Jeżeli założymy, że w zadaniu podamy objętość roztworu wynoszącą 30 cm^3 , to taka ilość roztworu będzie ważyła 30,66 g, a ponieważ jest to roztwór 17% będzie w niej zawarte 5,21 g kwasu octowego. Ponieważ gęstość kwasu octowego wynosi $1,050 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, to 5,21 g tego kwasu zajmie objętość $4,96 \text{ cm}^3$. Na podstawie wyliczonych danych możemy ułożyć zadanie o przykładowej treści: Obliczyć, jakie będzie stężenie procentowe roztworu kwasu octowego, jeżeli do wody dodamy $4,96 \text{ cm}^3$ kwasu octowego, którego gęstość wynosi $1,050 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ i otrzymamy 30 cm^3 roztworu, którego gęstość wynosi $1,022 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Po rozwiązaniu zadania i zaokrągleniu wyniku do drugiego miejsca po przecinku, otrzymujemy wynik 16,99%, co jest

wystarczająco dobrym przybliżeniem.

Ułożenie tematu zadania numer 2 nie wymaga wykonywania wcześniejszych obliczeń. Dysponując tabelą gęstości rozpuszczalnych w wodzie cieczy, możemy takie zadanie ułożyć bezpośrednio na lekcji. Przykład takiego zadania: jakie jest stężenie procentowe roztworu kwasu siarkowego, jeżeli po dodaniu do wody 5 cm³ kwasu siarkowego o gęstości 1,831 g·cm⁻³, otrzymano 127 g roztworu tego kwasu.

Przy układaniu zadań należy pamiętać, aby wszystkie podane, jak i wyliczone wartości były zgodne z prawdą. To znaczy:

- Podawane w zadaniach związki chemiczne były łatwo rozpuszczalne w danym rozpuszczalniku,
- aby stężenia roztworów nie były większe, niż wynika to z rozpuszczalności danej substancji,
- aby gęstości roztworów o danym stężeniu były zgodne z rzeczywistością (odczytane z odpowiednich tabel),
 - aby gęstości rozpuszczalników i rozpuszczanych w nich substancji ciekłych były zgodne ze stanem faktycznym (również odczytane z odpowiednich tabel).

Odpowiednie tabele można znaleźć w *Szkolnym poradniku chemicznym* Z. Dobkowskiej i K.M. Pazdro, Warszawa 1986 WSiP lub *Poradniku fizykochemicznym*, praca zbiorowa, Warszawa 1974 WNT.

Układając zadania dotyczące stężeń roztworów, należy pamiętać, że opracowywanie takich zadań przez uczniów uczy ich nie tylko rozwiązywania tego typu problemu, ale również pogłębia ich wiedzę o własnościach różnych substancji. Dlatego też zadania należy zawsze tak układać, aby w każdym występowała inna substancja chemiczna. W ten sposób uczniowie stykają się z właściwościami większej liczby związków chemicznych, nie znają wprawdzie jeszcze struktury, czy nawet wzorów wielu z nich, ale przecież w życiu codziennym zetknęli się z ich nazwami.

Na zakończenie warto wspomnieć, że w celu urozmaicenia tematów zadań, zwłaszcza w klasach o większym zainteresowaniu przedmiotem lub też w pracach kółka chemicznego, można w zadaniach jako substancję rozpuszczaną wprowadzić gazy, np. tlen lub dwutlenek węgla. Można też obliczać stężenie procentowe roztworów nasyconych niektórych substancji, po wcześniejszym odczytaniu z tabel rozpuszczalności tych substancji. W tego typu zadaniach, należy zawsze podawać dodatkowo temperaturę, w której podana jest rozpuszczalność (dla gazów jeszcze ciśnienie); utrwali to uczniom informacje, że rozpuszczalność jest cechą danej substancji, zależną od temperatury i ciśnienia.

Zadania dotyczące stężeń roztworów (możliwość kombinacji zadań)

1	2	3		4		5		6	7
		M	O	M	O	M	O		
Kolejny numer		ilość roztworu		ilość substancji rozpuszczonej		ilość rozpuszczalnika			Umowny stopień

zadania	kombinacja	g	cm ³	g	cm ³	g	cm ³	stężenie w %	trudności	
1* 2	I	D D		D	D			N N	„1”	
3 4*			D D	D	D			N N		
5* 6		II	N N		D	D				D D
7 8*				N N	D	D				D D
9* 10	III		D D		N	N				D D
11 12*				D D	N	N				D D
13* 14		IV	D D				D	D		N N
15 16*				D D			D	D		N N
17* 18	V				D D		D	D		N N
19 20*						D D	D	D		N N
21* 22		VI	D D				N	N		D D
23 24*				D D			N	N		D D
25* 26	VII				D D		N	N	D D	
27 28*						D D	N	N	D D	
29* 30		VIII	N N				D	D	D D	
31 32*				N N			D	D	D D	
33* 34	IX				N N		D	D	D D	
35 36*						N N	D	D	D D	

Oznaczenia w tabeli:

D – wartość podana w zadaniu

N – wartość, którą należy wyliczyć w zadaniu – niewiadoma

*- zadania, w których masa może być podana w gramach i kilogramach lub objętość w cm³ i dm³

M – masa roztworu, substancji rozpuszczonej lub rozpuszczalnika

O – objętość roztworu, substancji rozpuszczonej lub rozpuszczalnika