

ĆWICZENIE 6

BIOPOLIMERY W BIOTECHNOLOGII

Wydział Chemiczny, Politechnika Wrocławska, Studia II Stopnia

Wymiana jonowa w procesach separacyjnych

Instrukcję opracowali: Piotr Cyganowski, Dorota Jermakowicz-Bartkowiak

Wymagania wstępne:

1. Umiejętność przeliczania stężeń
2. Definicja jonitów, wymiana jonowa, jonity, podział jonitów:
3. Zasada wymiany jonowej
4. Punkt przebiecia kolumny jonowymiennej

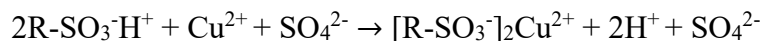
Wymieniacze jonowe lub jak je się często nazywa jonity to stałe, nierozpuszczalne polielektrolity charakteryzujące się zdolnością wymiany jonów przyłączonych do ich grup funkcyjnych na jony znajdujące się w roztworze zewnętrznym.

Polimery z jonowymiennymi grupami funkcyjnymi dzieli się na:

- a) **Kationity**, posiadające grupy funkcyjne wykazujące cechy anionu, są to między innymi: $-\text{SO}_3\text{H}$, $-\text{PO}_3\text{H}$, $-\text{COOH}$
- b) **Anionity**, posiadające grupy funkcyjne wykazujące cechy kationu, są to między innymi: $-\text{NR}_2\text{H}$, $-\text{N}^+\text{R}_3$

Oznacza to, że polimer, w którym grupy funkcyjne są zdolne do wiązania anionów nazywamy anionitem (np. polimer z grupami aminowymi), a polimer, w którym grupy funkcyjne są zdolne do wiązania kationów nazywamy kationitem (polimer z grupami karboksylowymi lub sulfonowymi).

W trakcie wymiany jonowej, kationit znajdujący się początkowo w formie kwasowej przechodzi w odpowiednią sól zgodnie z reakcją:



Kationit przeprowadzony w formę soli może być całkowicie zregenerowany przy użyciu kwasu, a anionit przy użyciu wodorotlenku. Proces wymiany jonów jest procesem równowagowym, a zjawiska zachodzące w trakcie wymiany mają miejsce na granicy pomiędzy stałym jonitem a fazą wodną.

Procesy wymiany jonowej wykorzystywane jest w procesach oczyszczania wody: do uzdatniania wody pitnej, odsalania wody i jej zmiękczenia, do oczyszczania wód technologicznych np. w elektrociepłowniach, w procesach hydrometalurgicznych do odzysku metali m.in. metali szlachetnych i ich zateżania, a także w procesach separacyjnych wykorzystywanych w biotechnologii.

Celem ćwiczenia jest wykazanie możliwości separacji jonów miedzi na silnie-kwasowym kationicie z grupami sulfonowymi, pochodzącymi od kwasu chlorosulfonowego. W tym celu należy:

1. Przygotować 1L roztworu $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ o stężeniu 4 gL^{-1}
2. Przygotować krzywą kalibracyjną Cu(II). W tym celu należy rozcieńczyć przygotowany w p.1 roztwór w sposób umożliwiający uzyskanie stężeń: 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.05 i 0.025 gL^{-1} . Następnie, wykorzystując przenośny kolorymetr (patrz: **załącznik do instrukcji**) wykreślić krzywą $\Delta E = f(C)$ oraz wybrać liniowy zakres pomiarowy.
3. Przemycić złożę jonitu upakowanego w kolumnie jonowymiennej wodą i następnie 1M HCl. Dostosować kranikiem szybkość przepływu roztworu.
4. Wykorzystując suwmiarkę zmierzyć wysokość i średnicę złoża, zakładając grubość ścianki kolumny 2mm.
5. Wprowadzić do kolumny jonowymiennej przygotowany w p.1 roztwór Cu(II).
6. Eluat zbierać w 25 mL porcjach. Wykorzystując kolorymetr oznaczać wartość ΔE . Porcje eluatu rozcieńczać w razie potrzeby wodą.
7. Po zakończonym procesie sorpcji przemycić złożę wodą (proces sorpcji uznaje się za zakończony gdy stężenie eluatu będzie równe stężeniu roztworu podawanemu na kolumnę).
8. Zregenerować złożę 1M HCl. Eluat zebrać i oznaczyć wartość ΔE .

Przygotowanie wyników do umieszczenia w sprawozdaniu:

1. Wykreślić krzywą kalibracyjną, aproksymować liniowy zakres pomiaru.
2. Obliczyć objętość złoża (BV_S).
3. Obliczyć sorpcję Cu(II) dla każdej porcji zebranego eluatu korzystając ze wzoru:

$$S = \frac{(C_p - C_K) \cdot K}{BV_S} \quad \left[\frac{\text{mg}}{\text{mL}} \right]$$

Gdzie: C_p -stężenie początkowe; C_K -stężenie końcowe; K-współczynnik współmierności (korekta objętości); BV_S -objętość złoża

4. Obliczyć całkowitą pojemność sorpcyjną jonitu
5. Wykreślić krzywą przebiecia kolumny $\frac{C_K}{C_P} = f(BV_S)$
6. Obliczyć desorpcję Cu(II) (studenci proponują metodę)

Zalecana literatura:

- [1] Tremillon, JONITY W PROCESACH ROZDZIELCZYCH, PWN, Warszawa 1970
- [2] E. Gomółka, Ćwiczenia laboratoryjne z chemii wody, Wyd. Polit. Wroclawska 1992
- [3] A. L. Kowal, M. Świdzka - Bróz, Oczyszczanie wody, PWN, Warszawa 1996
- [4] D. Muraviev, V. Gorshkov, A. Warshawsky, ION EXCHANGE, Marcel Dekker, New York Basel, 2000

Colorimetry

The word *colour* has double meaning: on the one hand it describes quality feature of an object, and on the other, esthetic impression of a viewer. The perceived colours are described by unique words, as blue, green, yellow, etc. These, in turn, cannot be defined using other words as they are considered as representation of fundamental concepts. Therefore, visual experience correlated with colours strongly depends on each individual observer making their perception as diversified as it can possibly be [1]. For that reason, it was necessary to introduce proper standards and procedures being able to represent colour as numeric values; to make it happen, understanding how a human eye recognizes a colour is necessary.

The theories describing experience of a colour state, that its perception depends on three main factors:

- 1) **Hue/tint**, defined by wavelength of electromagnetic radiation (packages of photons) reflected from, or transmitted through an object.

Human eye is able to detect electromagnetic radiation in range of 380-780 nm (visible light spectrum). If the colour of a non-transparent object is recognized as green, it means that its surface **reflects** wave light characterized by 500-560 nm wavelength, absorbing rest of the spectrum (Figure 1). On the other hand, if the same colour is observed in case of a transparent object, it means that it **transmits** the same wave light, absorbing rest of the spectrum.

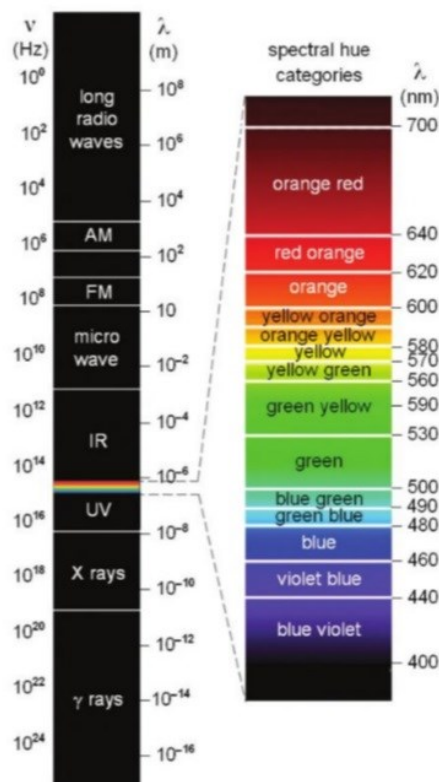


Figure 1. Spectrum of electromagnetic radiation characterized as wavelength [1]

- 2) **Chroma/Saturation**, defining if a color is monochromatic, or, using other words, how vivid or faded a colour is. Monochromatic ones are the most saturated, the most vivid; non-monochromatic in turn, are close to gray, being faded.

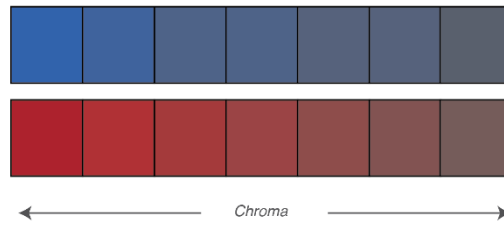


Figure 2. Chroma of blue and red colours [2]

- 3) **Brightness** defined by amount of the reflected/transmitted light; determines experience correlated with dark or bright colours

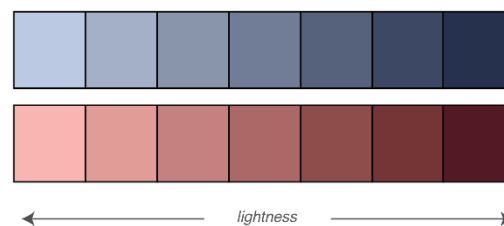


Figure 3. Brightness of blue and red colours [3]

Moreover, experience of a colour is also dependent on variables not directly linked to hue, saturation and brightness. These are:

- 1) **degree**, at which a virtual observer is experiencing a colour (value called *standard observer*)
- 2) **type of the light** illuminating an observed object; we can distinguish the following types of illuminants [4]:
 - a. **A**, domestic light induced by tungsten filament with correlated colour temperature (CCT) of 2856K
 - b. **B**, daylight, CCT=4874K
 - c. **C**, daylight, CCT=6774K
 - d. **D**, daylight at variable CCT
 - e. **E**, illuminant with controlled distribution of the visible spectrum, gives equal energy for all wavelengths
 - f. **F**, fluorescent illuminants

Because humans' perception of a colour is dependent on the mentioned above variables, a final model describing its parameters must be 3-Dimensional, which complicates the whole matter. Common colour systems, used for instance in computer displays (RGB- *Red Green Blue*) or printing devices (CMYK-*Cyan Magenta Yellow Black*) are very important from practical point of view, however they are not sufficient as precise description of an colour, expressed in 3D system [1]. One of the first systems taking into account 3D position of an colour as a function of hue, saturation and brightness was introduced by Munsell in 1900s [4]

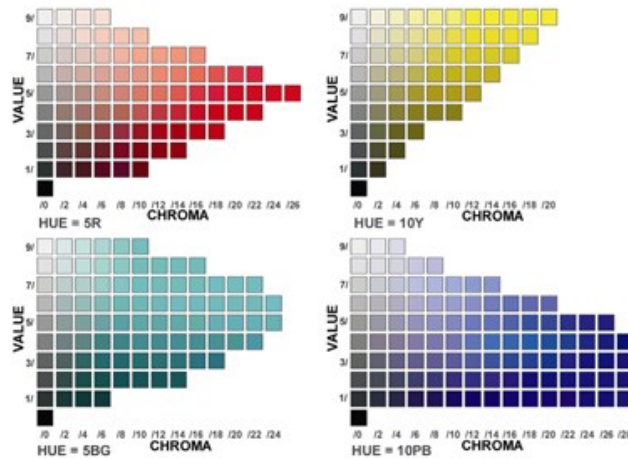


Figure 4. An example of Munsell system for four different hues [4]

Despite its advance at the time, the main practical disadvantage of the Munsell colour system is that the colours are defined only for one *standard observer* (2°) and only for one type of light illuminating an object (C). For that reason it was necessary to develop more advanced model.

Nowadays the most popular colour system, used in various types of industries is CIE $*L^*a^*b^*$ space created by International Commission on Illumination. This system is reflecting how a human's eye recognizes differences between colours and assumes, that difference between them is linear, opening the path for colorimetric analysis.

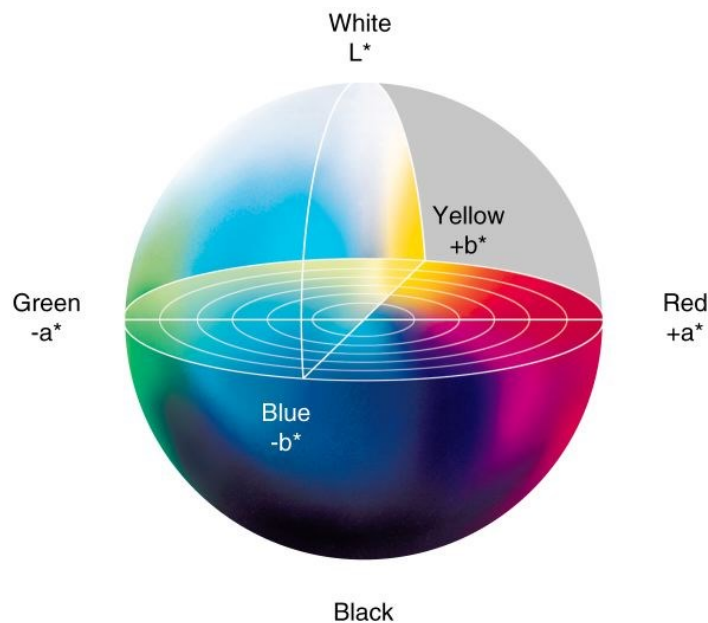


Figure 5. CIE $*L^*a^*b^*$ space [5]

The system CIE $*L^*a^*b^*$ is defined by three parameters:

- 1) **L**: light versus dark, the lower number is, the darker colour is observed
- 2) **a**: red versus green, where positive values means red, negative, in turn, green
- 3) **b**: yellow versus blue, where positive values means yellow, negative, blue

The *L*a*b parameters are linked to each other by cube root function, which means, that creating an analytical curve in this 3D system (Figure 5) would require usage of complicated equations and specific software able to create visual representation of the collected data. However, the major advantage of CIE *L*a*b system is the possibility of determination of difference between colors expressed as numeric value ΔE . This parameter is defined as:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (1)$$

Because of the fact, that ΔE changes proportionally with actual change of the observed colors it is possible to transfer *L*a*b parameters into 2-dimensional system expressed as $\Delta E=f(C)$, where color is a function of concentration (C).

[1] C. Oleari, *Standard Colorimetry: Definitions, Algorithms and Software*, John Wiley&Sons, Chichester, 2016

[2] website: <http://blogs.adobe.com/creativecloud/files/2014/06/TenWays-chroma.png>, access date: July 14th, 2016

[3] website: <http://blogs.adobe.com/creativecloud/files/2014/06/TenWays-lightness.png>, access date: July 14th, 2016

[4] D. Malacara, *Color Vision and Colorimetry: Theory and Applications, Second Edition*, SPIE Press, Bellingham, 2002

[5] website: http://www.coatsindustrial.com/pl/images/Colour%20difference_tcm81-152855.jpg, access date: July 14th, 2016

[6] R.F. Witzel, R.W. Burnham, J.W. Onley, *Threshold and suprathreshold perceptual color differences*, J. Optical Society of America 63, 615-625, 1973