

## KİMYASAL TEPKİMELERİN DENGEEYE ULAŞMASININ ÖĞRETİMİNDE KULLANILABİLECEK BİR ANALOJİ: MESLEK SEÇİMİ ANALOJİSİ

\*\*\*

AN ANALOGY THAT CAN BE USED IN TEACHING OF CHEMICAL  
REACTIONS' APPROACHING TO EQUILIBRIUM: ANALOGY OF  
OCCUPATION SELECTION

Hüseyin AKKUŞ\*

### Özet

Fen eğitiminde analogiler; alanın soyut ve karmaşık kavramlarının öğrenciler tarafından daha iyi anlaşılmasını sağlanması ve onlarda yaratıcı düşüncenin geliştirilmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca, analogiler yukarıda belirtilen amaçların dışında öğrencilerdeki yanlış kavramaların giderilmesinde de kullanılmaktadır. Bu makalede öğrencilerin anlamakta güçlük çektiği bir kavram olan dengeye ulaşma kavramı ve tepkimelerin neden dengeye ulaştığının açıklanmasında kullanılabilecek bir analogi olan meslek seçimi analogisi tanıtıldı. Bu analogide; kararlılık (minimum enerjili durum)-gelir düzeyinin fazlalığına, düzensizlik (entropi)-sosyal imkânların çeşitliliğine, yürütücü kuvvet-kişinin mesleği seçmesinin nedenine, tepkimenin dengeye ulaşması-mesleki hayatta maddi gelirin ve diğer sosyal boyutların dengelenmesine benzetildi.

**Anahtar Kelimeler:** Analogi, Alternatif Kavramalar, Kimyasal Denge,

### Abstract

Analogies in science education are used to enable students to understand the abstract and complex concepts better and in developing their creative thinking. In addition to these, analogies are used to eliminate students' misconceptions. In this article, analogy of occupation selection which is an analogy that can be used to explain the concept of approach to equilibrium, a concept that the students have often experienced difficulty, and why the reactions have approached to equilibrium has been introduced. In this analogy, stability (state with minimum energy)- are resembled to increase in income level, irregularity (entropy)-to variety in social facilities, driving

*force-to the reason of person's selection of the occupation, reactions' approaching to equilibrium-to the balance of material income and the other social aspects in work life.*

**Key Words:** *Analogy, Alternative Conception, Chemical Equilibrium*

## 1. Giriş

L iteratürde analogi terimi ile ilgili olarak, diğer yönlerden farklı olan kavramlar, prensipler ve formüller arasındaki bazı noktaların benzerliği (Glynn et al, 1989), eski ve yeni arasında kurulan açıklayıcı bir araç (Mayo, 2001), iki ilgi alanı arasındaki yapıların karşılaştırılması (Duit, 1991), öğrencinin eski bilgisinin temelinde yeni bilgiyi yapılandırmasına yardım eden bir haritalama mekanizması (Parida & Goswami, 2000), iki farklı sistem arasındaki bazı benzerliklerin fark edilmesi (Taber, 2001) gibi tanımlamalara rastlanılmaktadır.

Bu şekilde tanımlanan analogiler fen eğitiminde soyut ve karmaşık kavramların anlaşılabilirliğinin sağlanmasında ve yaratıcı düşüncenin geliştirilmesinde kullanılmaktadır (Tileston, 2000; Chiu, Lin, 2005; Harrison ve De Jong, 2005; Gentner, 1983; Glynn, 1989; Harrison ve Treagust, 1993). Birçok fen kavramı soyut olduğundan analogi olmaksızın onların öğrenciler tarafından anlaşılması oldukça zordur (Gabel, 1993). Özellikle sembolik, makroskobik ve mikroskobik olmak üzere üç boyutu olan kimya disiplini için ise bu güçlük daha da artar. Bu nedenle fen öğretmenleri derslerinde fen kavramlarının anlaşılabilirliğini artırmak için analogiler kullanılmalıdır. Analogiler, bilimsel kavramları daha tanıdık, daha somut ve anlaşılır yollarla açıkladıkları için özellikle öğretmen ve öğrencilere çekici gelmektedir (Glynn, 1991).

Kimyanın öğrenilebilmesi için; kimyasal terminolojinin öğrenilmesi ve anlaşılması, kimyasal süreçlerin ve matematiksel ilişkilerin bilinmesi, laboratuvar alet-ekipmanlarının ustalıkla kullanılması ve hem kimyasal prensiplerin, hem de kimyasal olayların anlaşılıp bu becerilerin birleştirilerek bir bütün haline getirilmesi gerekir (deVos ve diğerleri, 1994; Jensen, 1998). Ayrıca kimya hem kavramsal anlamayı hem de algoritmik işlem yapmayı gerektiren bir disiplindir (Suits, 2000). Öğrenmeyi kişinin bilgiyi oluşturması süreci olarak düşünen fen eğitimcileri genelde analogileri öğrencilerin bilgi çerçevesinin yeniden yapılandırılmasında faydalı araçlar olarak görürler. Ancak analogi kullanımı kavramların anlaşılabilirliğini artırdığı gibi yeni

alternatif kavramalara da neden olabilmektedir (Harrison & Treagust, 1994). Bu nedenle analogiler için iki tarafı keskin kılıç benzetmesi yapılır (Glynn, 1989 ve Duit, 1991). Analogilerin derste kullanımı sırasında onların nerelerde başarılı ve nerelerde başarısız olduğu kesinlikle belirtilmelidir. Aksi takdirde analogilerin kendileri alternatif kavramalara neden olurlar.

Analojiler öğretimde kullanılırken günlük hayattan alınan anlaşılması kolay, herkesçe bilinen örneklerle, anlaşılması zor soyut kavramlar arasındaki benzerlikler vurgulanır. Herkesçe bilinen kavrama analog, öğretilmeye çalışılan kavramına ise hedef kavram denir. Analog ve hedef kavram tarafından paylaşılan ortak özellikler iki kavram arasında ilişki kurulmasına olanak sağlayarak kavramın öğrenilmesine katkıda bulunur. Analogilerin faydalı olabilmesi için öğretmen, öğrencilerin hedef kavramla analog kavram arasındaki uygun bağlantıları kurduklarından emin olmalıdır ve bu bağlantıları görmeleri için de haritalandırma yapmalarına yardımcı olmalıdır. Bunun yanında analog kavram ve hedef kavram arasında benzemeyen, diğer bir ifade ile bu analoginin başarısız olduğu durumlar da önemle vurgulanmalıdır.

Yapılandırmacı yaklaşıma göre öğrenmenin temel prensiplerinden biri öğrenilen yeni kavramların önbilgiler ile ilişkilendirilmesidir. Özellikle fen eğitiminde, birçok öğretmen bu bağlantıların oluşmasını sağlayarak öğrencilerin bilgiyi yapılandırmalarında onlara yardımcı olur. Öğretmenler derse başlamadan önce genellikle sınıfın dikkatini, öğrenecekleri kavramlar üzerine çekerler (Glynn & Muth, 1994). Öğretmenler, analogileri bu süreci kolaylaştırmak için sıklıkla kullanırlar. Kavramları somut bir yolla tanıtmak öğrenciler için ilgi çekici ve anlamlıdır. Öğrencilere kavramların basitleştirilmiş temsilini göstermek için fiziksel modelleri kullanmak onların o kavramla ilgili zihinsel modellerini oluşturmalarına yardımcı olur. Örneğin; insan gözü-kameraya, kalbi-bir pompaya, elektrik devresi-su şebekesine, insanın dolaşım sistemi-bir evin ısıtma sistemine benzetilerek ilgili kavramlar tanıtılabilir.

Kimya eğitimi alanında yapılan çalışmalarda kimyasal denge, mol, tepkime stokiyometrisi ve yükseltgenme indirgenme tepkimeleri öğrenciler için anlaşılması en zor konular olarak görülür. Ayrıca asitlik-bazlık, çözünürlük ve indirgenme-yükseltgenme kavramlarının anlaşılmasında temel bir işlevi olan kimyasal denge, birçok öğrencinin anlamakta zorlandığı ve

hakkında birçok alternatif kavrama sahip olduğu bir konudur (Wheeler & Kass, 1978; Hackling & Carnett, 1985; Bergquist & Heikkinen, 1990; Banerjee, 1991; Thomas & Schwenz, 1998; Voska & Heikkinen, 2000; Akkus et. al., 2003). Bu nedenle kimyasal denge konusunun öğreniminde kolaylık sağlayacağından kimyasal denge ile ilgili birçok analogi geliştirilmiştir (Olney, 1988; Wilson, 1998; Bartholow, 2006).

Analojilerin öğretimde kullanımıyla ilgili birçok model vardır (Mintzes, Wandersee ve Novak, 2002, s.195). "Analojiyle öğretim modeli" bu modellerden biridir. Bu model Glynn ve diğerleri (1989) tarafından yapılan kapsamlı bir çalışmaya dayandırılmıştır. Bu modeli, ders kitabı yazarları ve fen öğretmenleri rehber olarak kullanabilirler. Bu çalışmada Glynn tarafından önerilen model kullanıldı. Bu modelin altı bileşeni vardır. Bunlar;

- 1) Hedef kavramın tanıtımı,
- 2) Analog kavramın hatırlanması,
- 3) Hedef kavramla analog kavram arasında benzer özelliklerin belirlenmesi,
- 4) Benzer özelliklerin haritalanması,
- 5) Kavramlara ilişkin sonuç çıkarma,
- 6) Analojinin nerede başarısız olduğunun gösterilmesidir.

Bu çalışmada kimyasal tepkimelerin dengeye ulaşmasının öğretiminde kullanılacak bir analogi olan meslek seçimi analogisi tanıtıldı (Akkuş ve Atasoy, 2006). Yukarıdaki altı basamaklı analogiyle öğretim modeli kullanılarak meslek seçimi ile bir tepkimede dengenin ne olduğu ve tepkimelerin dengeye ulaşma nedenleri arasında ilişki kuruldu.

## 2. Meslek Seçimini Analogisi

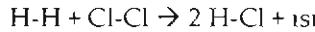
Öğrencilerin kimyasal tepkimelerin neden dengeye ulaştığını öğrenmelerine yardımcı olmak amacıyla hazırlanan bu analogide; bir kimyasal tepkimenin minimum enerji ve maksimum düzensizlik eğilimlerinin dengelenmesi sonucu dengeye ulaşması durumu; bir kişinin meslek seçiminde maddi gelir ve diğer sosyal boyutları dikkate almasına ve iş hayatını bu iki etkiyi dengeleyecek şekilde düzenlemesine benzetildi.

Glynn ve diğerleri (1989) tarafından önerilen ve basamakları yukarıda verilen altı basamaklı analogiyle öğretim modelinde 3. ve 4. basamaklar birbirlerini kapsadıklarından birleştirilerek tarafımızdan geliştirilen analoginin tanıtımında bu model beş basamak halinde kullanılmıştır.

#### a) Hedef Kavramın Tanıtımı

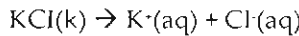
Genellikle tepkimeler sabit basınç ve sıcaklıkta gerçekleştirilir. Sabit sıcaklık ve basınçta kimyasal türlerin iç enerjilerine entalpi (H) adı verilir. Bazı tek yönlü tepkimelerin kendiliğinden gerçekleşme nedeni (yürütücü kuvvet) sistemin minimum enerjili olma eğilimidir. Bu tepkimelerde ürünlerin enerjisi (entalpisi) girenlerden çok daha düşüktür, yani ürünler girenlerden daha karardır. Ürünler ile girenler arasındaki enerji farkı (entalpi değişimi) ısı olarak çevreye verilir. Tüm ekzotermik tepkimeler bu sınıfta yer alırlar.

Örneğin hidrojen klorürün oluşum tepkimesi ekzotermik bir tepkimedir. HCl molekülleri, H<sub>2</sub> ve Cl<sub>2</sub> moleküllerinden daha kararlı olduğundan minimum enerjili olma eğilimi bu tepkimenin tek yönlü olarak (sağa doğru) kendiliğinden gerçekleşmesini sağlar.



Bazı endotermik tepkimeler de tek yönlü olarak kendiliğinden gerçekleşmektedir. Eğer tepkimelerin gerçekleşmesinde tek faktör enerji olsaydı bu tepkimelerin kendiliğinden gerçekleşmemesi gerekirdi. Tepkimelerin gerçekleşmesinde diğer bir yürütücü kuvvet de entropidir (S). Entropi bir sistemdeki türlerin çeşitliğinin ve sistemin enerjisinin sistemdeki çeşitliliği oluşturan türler tarafından paylaşılmasının bir göstergesidir. Entropi (düzensizlik) artışı tepkimelerin gerçekleşmesinin bir diğer nedenidir. Tüm maddeler maksimum düzensizliğe erişme eğilimindedir.

Örneğin potasyum klorürün suda çözünmesi olayı endotermik olmasına rağmen ürünlerin düzensizliğinin girenlerden çok daha fazla olması bu olayın kendiliğinden tek yönlü olarak (sağa doğru) gerçekleşmesine yol açar.

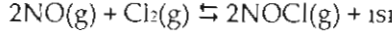


Doğada tek yönlü tepkimelerin sayısı oldukça sınırlıdır ve kimyasal tepkimelerin büyük çoğunluğu çift yönlü tepkimelerdir, böyle tepkimeler denge tepkimeleri olarak adlandırılır. Çift yönlü tepkimelerdeki enerji değişimi

ve düzensizlik değişimi tek yönlü tepkimelerden daha düşüktür. Çift yönlü bir tepkimenin dengeye ulaşmasını sağlayan yürütücü kuvvet sistemdeki serbest enerji değişimidir ( $\Delta G$ ). Bir tepkimenin  $\Delta G$ 'si, entalpi (H) ve düzensizlik (S) boyutları dikkate alınarak belirlenir. Denge tepkimelerinde minimum enerjili olma eğilimi tepkimenin bir yöne doğru ilerlemesini desteklerken, maksimum düzensizlik eğilimi ise diğer yöne doğru ilerlemesini destekler.

Tepkime kabına konulan kimyasal maddeler tepkimeye girerek ürünleri oluşturmaya başladıktan sonra ürünler de girenleri oluşturmaya başlar ve girenler ile ürünlerin oluşum hızları eşit olduğu zaman sistemin minimum enerjili olma eğilimi ile maksimum düzensizlik eğilimi dengelenmiş olur.

Örneğin aşağıdaki tepkimede, tepkime ekzotermik olduğundan minimum enerjili olma eğilimi tepkimenin sağa doğru ilerlemesini, girenlerin düzensizliği ürünlerden fazla olduğu için de maksimum düzensizlik eğilimi ise sola doğru ilerlemesini destekler. Tepkime sola veya sağa doğru tek yönlü olarak gerçekleşmez; bunun yerine minimum enerji ve maksimum düzensizlik eğilimlerinin dengelenmesi sonucu tepkime dengeye ulaşır.



### b) Analog Kavramın Hatırlanması

Bir kişi meslek seçimi yaparken iki boyutu dikkate alır. Bunlardan biri ne kadar maddi gelir elde edeceği, diğeri ise mesleğin sağladığı diğer sosyal imkânlarının hangi düzeyde olduğudur.

Bir meslek kişinin çok fazla maddi gelir elde etmesini sağlıyorsa, mesleğin diğer sosyal imkanları ne olursa olsun kişi o mesleği seçebilir. Bu durumda, kişinin mesleğin maddi gelirinin çok fazla olması cazibesine kapılması meslek seçiminin nedenidir.

Eğer bir meslek çok çeşitli sosyal imkânlar sağlıyorsa da maddi geliri en fazla meslek olmamasına rağmen kişi yine o mesleği seçebilir. Yani bu durumda da kişi diğer sosyal imkânların çeşitliliğinin cazibesinden dolayı o mesleği seçmiştir.

Çoğu meslek için maddi gelirin fazlalığı veya diğer sosyal imkânların çeşitliliği tek başına o mesleğin tercih edilmesini sağlayacak durumda değildir. Böyle durumlarda kişi bu iki boyutu dikkate alarak uygun meslek seçimini

yapar. Ayrıca kişi eğer mesleğinde maddi gelirini ve diğer sosyal faaliyetleri kendisi belirliyorsa şöyle bir durumla karşılaşır: Maddi gelirini artırmak için çok çalıştığında diğer sosyal faaliyetler için yeterince zaman bulamaz veya sosyal faaliyetleri yapmak için zaman harcadığında ise bu faaliyetleri gerçekleştirmek için gerekli parayı kazanacak zamanı olmayabilir. Bu durumda maddi kazanç miktarı ile diğer sosyal faaliyetlerini dengeleyerek hayatını sürdürmek zorundadır.

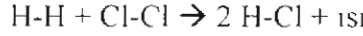
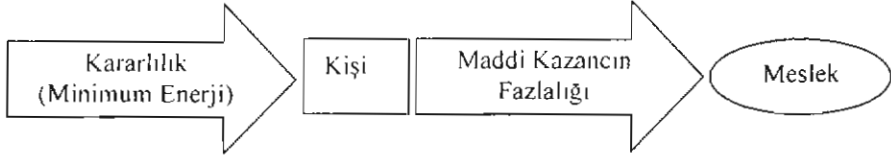
### c) Hedef Kavramla-Analog Arasındaki Benzer Özellikler ve Haritalanması

| <u>Hedef Kavram</u>                   |   | <u>Analog Kavram</u>  |
|---------------------------------------|---|---|
| • Kararlılık (minimum enerjili durum) | ↔ | • Maddi gelir düzeyinin fazlalığı                                       |
| • Düzensizlik (entropi)               | ↔ | • Diğer sosyal imkânların çeşitliliği                                   |
| • Yürütücü kuvvet                     | ↔ | • Kişinin bir mesleği seçmesinin nedeni                                 |
| • Tepkimenin dengeye ulaşması         | ↔ | • Mesleki hayatta maddi gelirin ve diğer sosyal boyutların dengelenmesi |

### d) Kavramlara İlişkin Sonuçların Ortaya Konulması

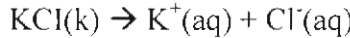
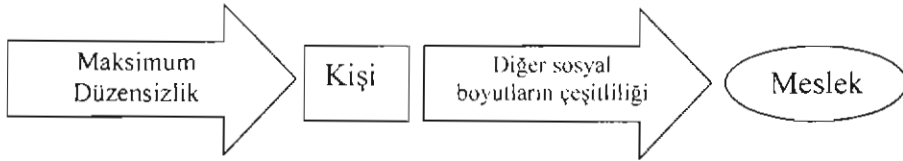
• Kendiliğinden gerçekleşen tek yönlü ekzotermik tepkimelerde yürütücü kuvvet ürünlerin girenlerden çok daha kararlı olmasıdır. Bu durum kişinin bir mesleği sosyal imkânları önemsemeden maddi gelirinin çok fazla olmasından dolayı seçmesine benzetilebilir.

Aşağıda verilen tepkimede ürünler ile girenlerin düzensizlikleri açısından pek fark olmamasına rağmen minimum enerjili olma eğilimi tepkimenin tek yönlü olarak gerçekleşmesini sağlar.



- Endotermik olmasına rağmen kendiliğinden gerçekleşen tek yönlü tepkimelerde yürütücü kuvvet ürünlerin girenlerden çok daha düzensiz olmasıdır. Bu durum kişinin bir mesleği maddi gelirini önemsemeden diğer sosyal imkânların çok fazla olmasından dolayı seçmesine benzetilebilir.

Enerji faktörü aşağıda verilen tepkimenin gerçekleşmesine katkı sağlamasına rağmen, ürünlerin girenlerden çok daha düzensiz olması, yani maksimum düzensizliğe erişme eğilimi tepkimenin tek yönlü olarak gerçekleşmesini sağlar.



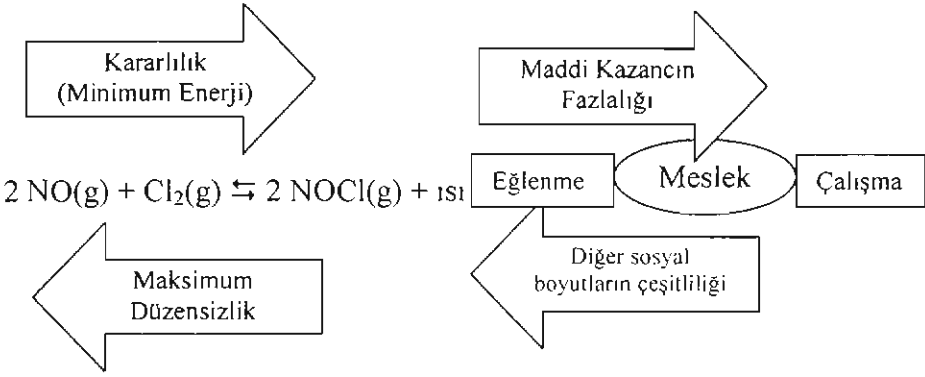
- Çift yönlü tepkimelerde yürütücü kuvveti kararlılık ve maksimum düzensizlik eğilimlerinin ikisinin birden belirlemesi, çoğu durumda kişilerin meslek seçerken maddi gelir ve diğer sosyal imkânları göz önüne almalarına benzetilebilir.

Ayrıca çift yönlü kimyasal tepkimeler dengeye ulaştığında kararlılık ve maksimum düzensizlik eğilimlerinin dengelenmesi, serbest meslek sahibi kişilerin hayatlarını sürdürürken maddi gelir ve diğer sosyal boyutları dengelemelerine benzetilebilir.

Aşağıdaki tepkimede iki faktör zıt yönleri desteklemektedir, tepkime bu iki faktörün dengelenmesiyle bir dengeye ulaşır.



## MESLEK SEÇİMİ ANALOJİSİ



### e) Benzemeyen Tarafların Belirlenmesi

- İnsanlar gelir düzeyi ve diğer sosyal imkânların çeşitliliğini kendi isteklerine göre ayarlayabilirken, kimyasal tepkimelerde enerji ve düzensizlik isteğe bağlı boyutlar değildir.
- Meslek seçimi analogisinde bir kişinin tercihi söz konusu iken kimyasal tepkimenin dengeye ulaşmasında tercihin söz konusu olmayacağı gibi tepkimeye giren türlerin sayısı da birden çok olabilir.

### 3. Sonuçlar ve yorumlar

Bu çalışmada, tarafımızdan geliştirilen ve kimyasal tepkimelerin dengeye ulaşmasının öğretiminde kullanılabilecek bir analogi olan meslek seçimi analogisi tanıtıldı. Bu analogi soyut bir kavram olan dengeye ulaşma kavramının öğrenciler tarafından anlaşılmasında önemli bir katkı sağlayacaktır. Ayrıca, bu analogi bir tepkimenin dengeye ulaşmasında etkili olan yürütücü kuvvetlerin nasıl dengelendiğinin hissedilmesini kolaylaştıracaktır. Asitlik-bazlık, çözünürlük ve indirgenme-yükseltgenme tepkimeleri gibi birçok konunun öğretimine temel olan denge konusunda anlamlı öğrenmenin sağlanması diğer konuların da öğrenilmesini kolaylaştıracaktır.

## KAYNAKLAR

Akkuş, H., Kadayıfçı, H., Atasoy, B., & Geban, Ö. (2003). Effectiveness of instruction based on constructivist approach on understanding of chemical equilibrium concepts. *Research in Science and Technological Education*, 21, 209-227.

Akkuş, H.; Atasoy, B. (2006). Kimyasal dengenin kavramsal değişim modeliyle öğretiminde analogilerin yeri. VII. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, Gazi Üniversitesi.

Banerjee, A. C. (1991). Misconceptions of students and teachers in chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*. 13 (4), 487-494.

Bartholow, M. (2006) Modeling dynamic equilibrium with coins. *Journal of Chemical Education*. 83, 48A-48B

Bergquist, W. & Heikkinen, H. (1990). Student ideas regarding chemical equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 67, 1000-1003

Chiu, M. H & Lin, J. W. (2005). Promoting fourth graders' conceptual change of their understanding of electric current via multiple analogies. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 429-464.

DeVos, Van Berkel, B. & Verdonk, A. (1994). A coherent structure of the chemistry curriculum. *Journal Of Chemical Education*, 71, 743-746

Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75, 649-672.

Gabel, D. L. (1993). Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding. *Journal of chemical education*, 70, 193-194.

Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework. *Cognitive Science*, 7, 155-170.

Glynn, S. M. & Muth, K. D., (1994). Reading and writing to learn science: Achieving scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 1057-1073.

Glynn, S. M. (1989). The teaching with analogies model. In K.D. Muth (Ed.), *Children's comprehension of text* (pp. 185-204). Newark, DE: International Reading Association.

Glynn, S. M. (1991). Explaining science concepts: A teaching-with-analogies model. In S. Glynn, R. Yeany, & B. Britton (Eds.), *The psychology of learning science* (pp. 219-240).

Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1985) Misconceptions of chemical equilibrium. *European Journal of Science Education*, 7, 205-214.

Harrison, A. G & De jong, O. (2005). Exploring the use of multiple analogical models when teaching and learning chemical equilibrium, *Journal of Research In Science Teaching*, 1-25

Harrison, A. G, & Treagust, D. F. (1994). Science analogies-Avoid misconceptions with this systematic approach. *The Science Teacher* 61, 41-43.

Harrison, A.G. & Treagust, D.F. (1993). Teaching with analogy: A case study in grade-10 optics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1291-1307.

Jensen, W.B. (1998). Logic, history, and the chemistry textbook I: Does Chemistry Have A Logical Structure? *Journal of chemical education*, 75, 679-687

Mayo, J.A. (2001). Using analogies to teach conceptual applications of developmental theories. *Journal of Constructivist Psychology*, 14, 187-213

Mintzes, Joel J., Wandersee J.H. & Novak J.D. (1998) Teaching science for understanding A human constructivist View, Academic pres, San Diego (under the editorship of Gary D. Phye).

Olney, D. J. (1988). Some analogies for teaching rates/equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 65, 696-697.

Parida B. K & Goswami, M. (2000). Using analogy as a tool in science education, *School Science Quarterly Journal Of Science Education*, 38(4) <http://www.ncert.nic.in/journalnew/sschap10.htm>

Suits, J. P. (2000). Conceptual change and chemistry achievement: A two-dimensional Model. (Paper presented at the 81st Annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, 24-28 April 2000).

Taber, K. S. (2001) When the analogy breaks down: modelling the atom on the solar system, *Physics Education*, 36, 222-226.

Thomas, P L, & Schwenz, R. W. (1998). College physical chemistry students' conceptions of chemical equilibrium and fundamental

thermodynamics. *Journal Research in Science Teaching*, 35 (10), 1151-1160.

Tileston, D. W. (2000). Ten best teaching practices: How brain research, learning styles, and standarts define teaching competencies. Corwin press, INC. California.

Voska, K. W., & Heikkinen, H.W. (2000). Identification and analysis of student conceptions used to solve chemical equilibrium problems. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 160-176.

Wheeler, A. E., & Kass, H. (1978). Student misconceptions in chemical equilibrium. *Science Education*, 62, 223-232.

Wilson, A. H. (1998). Equilibrium: a teaching / learning activity. *Jornal of Chemical Education*, 75, 1176-1177