

ÜNİVERSİTE KİMYA ÖĞRENCİLERİNİN ATOM VE KİMYASAL BAĞLAR KONULARINI AÇIKLAMADA "İNSANA ÖZGÜ DİL" VE "CANLILIK" KULLANIMLARININ İNCELENMESİ¹

Canan NAKİBOĞLU, H. Esra POYRAZ
Balıkesir Üniversitesi, Necatibey Eğitim Fakültesi,
Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü, Balıkesir.

Özet

Bu çalışmada öğrencilerin kimyada özellikle de atom ve kimyasal bağlanma konusunu açıklarken insana özgü dil ve canlılığı kullanmaları, kovalent bağ ile ilgili öğrenci kavrayışının incelendiği bir çalışma sırasında araştırılmıştır. Veriler, 324 üniversite kimya öğrencilerinden oluşan gruba uygulanan kovalent bağlanma ve atom ile ilgili bir kavram yanlışlığı teşhis testinden yararlanılarak toplanmıştır. Çalışma sonunda öğrencilerin literatürde bu konuda belirlenen "gereksinim duymak, istemek, çalışmak, yakalamak" gibi insana has ve canlılık ile ilgili yüklemeleri, literatürdekine benzer şekilde atom ve elektronlar için sıklıkla kullandıkları belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada, insana has dilin kullanımının nedenleri ve kimya öğretimine etkileri tartışılmıştır.

Anahtar sözcükler: Üniversite Kimya Öğrencileri, Atom, Kimyasal bağlar, İnsana özgü dil, Canlılık

INVESTIGATION OF "ANTHROPOMORPHISM" AND "ANIMISM" IN UNIVERSITY CHEMISTRY STUDENTS' EXPLANATIONS RELATED TO ATOM AND CHEMICAL BONDING

Abstract

This study was concerned with the students' usage of anthropomorphism and animism in chemistry. It was especially investigated during the period when the students' comprehension related to covalent bonding had been studied. The data was accumulated by the use of the misconception diagnostic test concerning atom and covalent bonding given to the group formed by 324 university chemistry students. At the end of the study, it was seen that the students used the verbs determined in literature related to this issue such as "need, want, try, grab", unique to human-beings. These are animism for atoms and electrons in a way used in literature. Moreover, the reasons for using anthropomorphism and its effects on teaching chemistry were discussed.

Key words: University chemistry students, Atom, Chemical bonding, Anthropomorphism, Animism

¹ Balıkesir Üniversitesi Araştırma Fon Saymanlığınca desteklenmiştir.

1. Giriş

“*Atomlar canlı mıdır ?*” Bazı araştırmacılar çalışmalarında öğrencilerin atomlar ile ilgili bu tarz bir kavram yanlışlığına sahip olduğunu belirtmektedirler (1, 2). Öğrencilere atomların canlı olduğunu düşündüren ne olabilir? Sunulan bu çalışma ve burada verilen literatür özeti ile bu tip bir kavram yanlışlığının nedenlerinin de anlaşılabilmesi mümkün olacaktır.

Bazı araştırmalarda, fen bilimlerinde yazılmış kaynakların değişik yaş gruplarındaki öğrencilerin ve hatta öğretmenlerin cansız objeler için *canlılık* (animism) ve *insana özgü* (anthropomorphism) açıklamaları kullandıkları belirtilmektedir (3-6). *Anthropomorphism*, insan olmayan nesnelere insan duyguları ve isteklerinin yüklenmesidir. *Animism* ise, cansız nesnelere canlı şeyler olarak düşünmektir (3). Bir çok eğitimci, özellikle biyoloji sınıflarında, insana özgü dil kullanımının yaygınlaşmasının çözümsüz bir konu olduğunu savunur. Çünkü, bazı fen eğitimcileri, insana özgü dil kullanımını, bilimsel dilde yolsuzluk olarak kabul ederken, bazıları ise insana özgü dil hakkındaki tabuların uzaklaştırılmasını destekleyen araştırmalar yapmaktadır. Taber’in (1996) *anthropomorphism* ve *animism* üzerine yaptığı bir çalışmada belirttiğine göre Lemke, (1990, Taber, 1996 da) fen biliminin ciddi ve doğru bir dizi biçimsel kurallara sahip olduğunu ve özellikle konuşmaların tam olarak bilimsel olabilmesi için bu kurallara mutlaka bağlı kalınması gerektiğini belirtmektedir (3). Bu kurallar, dilin konuşma diline özgü türlerinden kaçınan, sürekli teknik terim kullanan, duygusallığın yer almadığı ciddi ve ağırbaşlı ifadeler bulunduran, dramatik ve hikaye tarzından kaçınarak açıklamanın nedensel şeklini kullanan kurallardır. Lemke ayrıca, bilimsel dilde kişileştirmenin kullanılmasının da bilimsel dili kötüleştirdiğini vurgulayarak, genellikle insana özgü nitelik veya özelliklerinin (yani ‘şişman veya zayıf gibi), veya insanların sahip olduğu duygu, düşünce veya hareketlerin (yani ‘sahip olmak, hoşlanmak gibi) kullanımından kaçınılması gerektiğini ifade etmiştir (3). Treagust ve arkadaşları (2003), öğrenci açıklamalarında mikroskopik ve sembolik gösterimlerin rolünü inceledikleri çalışmalarında, insana özgü dil içeren açıklamaların, yanlış anlama ve yanlış kavrama oluşturma potansiyeline sahip olduğunu vurgulamışlardır (7).

Taber (1996) çalışmada, çeşitli bilim adamlarının aslında metafor yapmaya niyetlenirken, farkında olmaksızın bu tür canlılık içeren bazı ifadeleri kullanarak bilimsel dildeki kuralları yıkabileceklerini tahmin ettiğini belirtmiştir. Sınıf içinde hikaye tarzında fen derslerinin işlenmesinde de sıklıkla insana özgü dilin kullandığını ifade eden Banister ve Ryan (2001), bazı bilim adamlarının bu konuda endişe duyduklarını ifade etmişlerdir (9). Örneğin Tamir ve Zohar (1991), bu tür insana özgü dilden yararlanılarak üretilen formüllerin gerekli olmadığını ve çocukların olayın gerçek nedeni ile bu canlılığa dayanan açıklamalar arasındaki farkı kavrayamadıklarını göstermişlerdir (10). Yine McCoy (2003), Biyolojide kullanılan analogiler ile insana özgü dil arasındaki ilişkiyi incelediği çalışmada, analogilerin birçok yararının olmasına rağmen, açıklamalara insana özgü dil ve canlılık katıldığında olumsuzluklara da neden olabileceğini tartışmıştır (11).

Diğer taraftan, bu tarz insana özgü dilin yer aldığı açıklamaların kullanılması ve canlılığa dayanan metafor ve analogilere fen derslerinde yer verilmesinin değerini tartışan bilim adamları da bulunmaktadır (8). Lemke (1990, Taber, 1996 da), sınıftaki konuşmaların fen içeriğinin ileri düzeyde bilimsel olması halinde, öğrencilerin katılım

yüzdesinin % 20-25 lerce kalırken, bu durumun fen derslerinde sınıf içindeki konuşmaların bilimsel kuralların dışına çıkması ve kişisel özelliklere kayması ile % 80 veya 90'a yükseldiğini belirtmektedir. Lemke'ye (1990, Taber, 1996 da) göre bunun anlamı bir bakıma öğrencilerin sınıf içinde insana özgü fen konuşmalarında, normal fen konuşmalarında olduğundan üç veya dört kez daha dikkatli olma olasılığına sahip olmalarıdır. Bazen de kullanıcının, canlılık veya kişiselleştirme içeren dili bilinçli olarak kullanmasına ve bu tür bir dili konuşmanın da pek de doğru olmadığını farkında olmasına rağmen, buna devam etmesi konuyu ancak bu şekilde hatırlayabilmesinin bir sonucu olabilir (3).

Öğrencilerin Fen Biliminde bazı olayları açıklarken kullandıkları insana özgü dil ve canlılık ile ilgili çalışmalar: Taber'in (1996) bu konuda yaptığı özellikle nitel çalışmasında, öğrencilerle yaptığı ikili görüşmeler sonucunda elde ettiği insana özgü dil ifadeleri için saptadığı örnekler aşağıdaki şekilde toplu olarak verilmiştir:

- İki pozitif yük her zaman 'birbirini iter' 'çünkü farklı yüklerdir ve birbirlerini 'sevmezler';
- Bir sodyum atomu 'elektronlarından bir tanesini' 'klora borç veriyor';
- 'Florun aç gözlü olması iki elektronu koparmaya çalışmasıdır';
- 'Argonu ısıttığında veya kaynattığında, argonun atomları eğer istiyorlarsa etraflarında hareket etmekte özgür olurlar';
- 'Elektron ihtiyacı olmayan neon gibi kararlı olmak için karbon ve azot atomları her bir orbitallerini elektronlarla doldurmak isterler';
- 'Birinci kabuğu, kararlı olmak için elektrona ihtiyaç duyar...bu başka bir hidrojene katılır ve paylaşır, diğer hidrojen elektronu böylece iki elektrona sahip olduğunu düşünür';
- 'Yayılmış elektronlar elektrik iletkenliği gibi şeyler yapmak için yardımcı olabilirler';
- 'Bir atomun yapmaya çalıştığı şey kararlı olmaktır.... Metallerin durumunda bu onlar için daha kolaydır, elektron kaybederek kararlı olurlar';
- Atom 'daha düşük bir enerji seviyesini elde etmek ister';
- Elektronlar [farklı bir şekilde gölgeli gösterilir] ' farklı atomlara aittirler'.

Taber (2001) diğer bir çalışmasında da, bir öğrenci ile kimyasal bağlanma konusuyla yaptığı ikili görüşmelerde, öğrencinin atomlardan bahsederken genellikle insana özgü dile ait "istemek" fiilini kullandığını belirlemiştir (12). Treagust ve arkadaşları (2003) ise çalışmalarında, bir öğretmenin periyodik tablodaki gruplar için sınıf içinde "Bay Toprak Alkali Metal" cümlesi ile canlılığı ve grupların özelliklerini açıklamak için, "gruplar arasında şizofrenik davranışa sahip olanlar vardır" ifadesi ile de insana özgü dili kullandığını belirtmişlerdir (7). Nicoll (2001), öğrencilerin kimyasal bağlanma ile ilgili kavramlar, moleküllerin yapıları ve elektronegativite hakkındaki yanlış kavramaları araştırdığı çalışmasında, araştırmanın bulgularını "canlılığın" da yer aldığı bazı başlıklar altında toplamıştır. Canlılık başlığı altında, öğrencilerin sürekli olarak atomlar için elektronları "istemek", "mutlu olmak", kararlı moleküller ve elektronları için "arayıp bulmak" gibi insana özgü ifadeleri kullandıklarını ve açıklamalarında moleküllere veya atomlara canlandırmayı yakıştırdıklarını belirlemiştir (5).

Coll ve Treagust (2002), ortaöğretim ve üniversite gibi farklı seviyeden öğrencilerin, kovalent bağlanma için tercih ettikleri zihinsel modelleri araştırdıkları diğer bir çalışmalarında, öğrencilerin bağlanmadaki atomlardan bahsederken sürekli “yalnız kalmak”, “istemek” ve “mutlu olmak” gibi insana özgü dile ait ifadeleri kullandıklarını ifade etmişlerdir (13).

Bu çalışmada, Balıkesir Üniversitesi, Kimya Bölümü ve Kimya Öğretmenliği öğrencileri açısından “canlılık” ve “insana özgü dil” kullanımının durumu incelenmiş olup, bu örnek olay çalışmasından yararlanarak ülkemizdeki durumun literatürdeki çalışmalar ile benzerliği araştırılmıştır. Bu amaçla, “canlılık” ve “insana özgü dil” kullanımının en yaygın örneklerinin görüldüğü atom ve kimyasal bağlanma konusu seçilmiştir. Ayrıca bu yolla, dünyada yaklaşık elli yıl öncesine dayanan, ancak ülkemiz için yeni sayılabilecek fen bilimlerinde “canlılık” ve “insana özgü dil” kullanımı konusu ülkemizin fen bilimleri eğitimi gündemine katılmaya çalışılmıştır.

2. Yöntem

Evren ve Örneklem : Bu araştırmanın evrenini, 2003-2004 Eğitim-Öğretim yılı Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Kimya Eğitimi Anabilim dalı 5 yıllık tezsiz yüksek lisans programı ile Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünde öğretim gören tüm öğrenciler oluşturmaktadır. Araştırmanın örneklemini her iki fakültenin Kimya Bölümü ve Kimya Öğretmenliği programlarının bütün sınıflarından toplam 324 öğrenci oluşturmaktadır. Çalışmada bütün sınıflardaki öğrencilerden ulaşılabilenler örneklem olarak seçilmiştir.

Verilerin toplanması: Bu çalışma ile ilgili veriler, kovalent bağ ve atom ile ilgili kavram yanlışlarının belirlenmesi amacı ile yapılan bir çalışma sırasında toplanan verilerden yararlanılarak elde edilmiştir. Bu amaçla, hazırlanan kavram yanlışlığı teşhis testi (KYTT), iki açık uçlu soru ve 10 adet çoktan seçmeli sorunun yer aldığı iki kısımdan oluşmaktadır. Ayrıca ikinci kısımda yer alan çoktan seçmeli sorulara, tercih edilen şık seçme nedenlerinin sorulduğu açık uçlu bir kısım da eklenmiştir. 102 kişilik bir pilot çalışma ile geliştirilen teşhis testinin çoktan seçmeli kısmına ait iç tutarlılık güvenilirliği için Cronbach alfa güvenilirlik katsayısı 0,66 olarak hesaplanmıştır. Açık uçlu soruların güvenilirliği için, değerlendirmeci uyumuna bakılmıştır. İki yazarın ayrı ayrı puanladıkları bir grup test sonuçlarındaki uyum % 95 olarak belirlenmiştir. Test maddelerinin güçlük indeksi değerleri 0.23 ile 0.95 arasında değişirken, ayırt edicilik indeksi değerleri, 0.09 ile 0.48 arasında değişmektedir. KYTT konu anlatımından sonra her sınıfta tek tek elden dağıtılarak uygulanmış olup, öğrencilere 30 dakikalık cevaplama süresi verilmiştir.

Verilerin analizi: Çalışmada toplanan veriler, kavram yanlışlarının belirlenmesi amacı ile analiz edilirken, ayrıca insana has dilin kullanımı açısından da değerlendirilmiştir. Bu amaçla, KYTT'nin ilk kısmında yer alan açık uçlu iki soru ile, ikinci kısımda yer alan çoktan seçmeli 10 sorunun açık uçlu kısımlarında yer alan bulgular, literatürde insana has dilin kullanımına yönelik belirlenmiş verilere benzer ifadeler ve kelimeler tek tek kodlanarak analiz edilmiştir.

3. Bulgular

Açık uçlu ve çoktan seçmeli soruların analizleri sonucunda, öğrencilerin atomlar, orbitaller ve elektronlardan bahsederken kullandıkları insana özgü dile ait ifadeleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Öğrencilerin Kullandıkları İnsana Özgü Dile Ait İfadeler

İnsana Özgü Dile Ait İfadeler	(f)
<p>İstemek</p> <p>Atomik orbitaller buldukları enerji seviyesi yüksek olduğundan daha dış seviyeye geçmek <i>isteyeceklerdir</i>.</p> <p>Daha fazla bağ yaparak daha düşük enerjili hale gelme <i>isteği</i>.</p> <p>Atomik orbitaller kendi başlarına kararsız yapıda yani yüksek enerjili oldukları için daha kararlı yapıya geçmek <i>isterler</i>.</p> <p>Çünkü hepsi kararlı olmak <i>isterler</i> ve bundan dolayı yarı dolu şekle geçmeye <i>çalışırlar</i>.</p> <p>Atomik orbitaller oktetini tamamlamak <i>isterler</i>.</p> <p>Çünkü atomik orbitallerde elektronlar <i>rahat olabilmek</i> için boşluklara, boş orbitallere geçme <i>isteğinde</i> bulunurlar. Elektronlar birbirlerini iterler.</p> <p>Yarı dolu ve boş orbitalleri yardımıyla iki atomik orbital birleşip hibritleşerek bileşik oluşturma <i>isteği duyarlar</i>. Bu nedenle hibritleşirler.</p> <p>Son yörüngedeki elektronlar bağ yapma, kopma <i>isteğinden</i> dolayı hibritleşme yaparak elektron geçişi yaparlar.</p> <p>Daha düzenli bir yapıya geçmek <i>isterler</i>. Değerlik elektronlarını tamamlarlar.</p> <p>Bağ yapabilmek için uygun enerji seviyesine gelmek <i>isterler</i>.</p> <p>Bağ kısadır ve elektronları çekme <i>isteği</i> artar.</p> <p>Atomlar kararlı yapıya ulaşabilmek için oktete varmak <i>isterler</i>. Bu yüzden atomlar arasında hibritleşme olur.</p> <p>Enerji seviyelerini eşitlemek <i>isterler</i>.</p> <p>Bileşiği parçalamak için gereken enerji CH_2'nin <i>istediği</i> enerjide daha büyüktür. Bağ oluşurken açığa çıkan enerji ile bağ kırılırken açığa çıkan enerji aynıdır.</p> <p>Atomlar daha fazla bağ yapıp daha az enerjili duruma geçebilmek ve daha kararlı olabilmek için varsa oktet boşluklarını tamamlayıp bağ yapma olasılığını arttırmak <i>isterler</i>.</p>	32
<p>Rahatlık</p> <p>Atomların elektronları hibritleşme durumunda en <i>rahat</i> durumdadırlar.</p> <p>Çünkü atomik orbitallerde elektronlar <i>rahat olabilmek</i> için boşluklara, boş orbitallere geçme <i>isteğinde</i> bulunurlar. Elektronlar birbirlerini iterler.</p> <p>Oluşacak molekülün daha kararlı, enerjisi düşük ve <i>rahat yapıda</i> olması için.</p> <p>Hibritleşme yaptıklarında daha kararlı hale geçerler. Bütün atomlar, kararlı oldukları zaman <i>rahatturlar</i>.</p>	4

Gereksinim Bağ yapmaya <i>ihtiyaç duyduklarında</i> da hibritleşme yaparlar.	3
Zorunluluk 1. s <u>yörüngeleri</u> 2'ye tamamlanmadan elektronlar p yörüngesine geçemez. Atom numarası elektron sayısına eşit olduğu için C'da p <u>yörüngesi</u> 2 elektrona oksijende ise 4 elektrona sahip olmak <i>zorundadır</i> . 2. 2 nolu karbon sp hibritleşmesi yaptığından dolayı 1 nolu karbon sp ² yapmak <i>zorundadır</i> .	2
Yer açmak Bağ yapabilmek için elektronlara <i>yer açarlar</i> .	1
Eğilmek Pi bağları, pi orbitallerinin birbirlerine doğru <i>eğilerek</i> iki bağlantı noktasından birleşmesiyle olur.	1
Başvurmak Atomlar oktetlerini tamamlamak için hibritleşmeye <i>başvururlar</i> .	1
Doyurmak Çünkü CH ₄ 'te 4 tane H karbon atomunu elektron bakımından <i>doyurmaktadır</i> .	2
Yakalamak C ve O s orbitallerinde kararlı yapıyı <i>yakaladılar</i> .	1
Hissetmek Elektron eksikliğini en çok <i>hissedecek</i> bu moleküldür	1
	Σf=48

Σf = İfadeleri kullanılma sayısını gösterir (kullanılan toplam ifade sayısını gösterir).

4.Sonuç ve Tartışma

Çalışmanın sonunda, araştırmaya katılan öğrenci grubundan 44 öğrencinin açıklamalarında, atom ve kimyasal bağlar konusunda insana özgü dil ve canlılığı kullandıkları belirlenmiştir. Literatürde yer alan çalışmalarda, öğrencilerin kimyasal bağlanmayı açıklarken ve atomlardan bahsederken “mutlu olmak”, “istemek”, “ihtiyaç duymak”, “düşünmek”, “aç gözlü olmak”, “özgür olmak”, “çalışmak”, “arayıp bulmak” “yalnız gelmek” “düşünmek”, “kucaklaşmak”, “sürünmek”, “zıplamak” ve “el ele tutuşmak” gibi insanlara özgü özellikleri kullandıkları görülmektedir (3). Bu çalışma sonucunda elde edilen bu tarz ifadeler incelendiğinde, “*gereksinim duymak, istemek, çalışmak, yakalamak*” gibi insan davranışları için kullanılan fiillerin literatürdeki çalışmaların sonuçlarından elde edilenler ile benzer olduğu görülmüştür. Bunların yanı sıra, literatürde belirtilenlerden farklı olarak, öğrencilerin “hissetmek”, “rahat olmak”, “yer açmak”, “eğilmek”, “başvurmak”, “doyurmak”, “yakalamak”, “imece” ve “gayesi olmak” gibi insana has ifadeleri kullandıkları da bu çalışma sonucunda saptanmıştır.

Bazı araştırmacılar, *canlılık* düşüncesinin fen bilimlerinde kullanımının modern fen bilimleri ile özdeşleşmeyip, kullanımında bazı sakıncalar olduğunu belirtmelerine rağmen, fen bilimlerini öğrenme ve anlamada *canlılık* ve *insana özgü dil* kullanımının öğrencilere yardımcı olabileceğini desteklemektedir (3,4). Taber’in (1996) anthropomorphism ve animism üzerine yaptığı bir çalışmada belirttiğine göre Lemke, kişiselleştirme kullanımının hem öğretmen hem de öğrenci farkında olduğunda kabul edilebilir olduğunu, ancak bunun bu kadar basitleştirilmemesi gerektiği de vurgulamıştır (3). Özellikle küçük yaş gruplarında canlılık kullanımı konusunda zıt fikirler daha da fazla yoğunlaşmaktadır. Tamir ve Zohar (1991), bu yaş grubundakilerin canlılık içeren ifadeler ile gerçek durum arasındaki ilişkiyi henüz tam kavrayamayacaklarını ve çocukların bu konuşmaları gerçekten varmış gibi düşünebileceklerini, bu durumun da çocuklarda yanlış kavramalara neden olabileceğini savunmaktadırlar (10). Öte yandan Banister ve Ryan (2001), fenedeki soyut kavramları özellikle küçük yaş grubundakilerin anlamasının zor olduğunu, bu nedenle de fen konularını kavramada bu tip canlılık ifadelerini kullanmanın onların konuyu kavramalarını sağlayacağını belirtmektedirler (9).

Görüldüğü gibi, *canlılık* ve *insana özgü dilin* fen sınıflarında kullanılıp kullanılmaması konusu hala tartışılmaktadır ve bu sorunun “kullanılsın” veya “hiç kullanmasın” gibi kesin bir cevabı olması da mümkün görünmemektedir. Bu durum iki ucu sivri bir bıçak gibi düşünülebilir. Bir öğrenci öncelikle, kullandığı bu dilin gerçek olmadığını farkındaysa ve insana özgü dili ve canlılığı kimyadaki bir konuyu anlamada basamak olarak kullanıyor ve konuyu bu yolla kavrayabiliyorsa, bu dilin kullanılmasının fen öğrenimine katkısı olabilir. Ancak, bir öğretmen çok zorunlu olmadıkça bu ifadelerden kaçınmalıdır.

Sonuç olarak, bu tip kullanımlara derslerde öğretmenler zaman zaman başvurmakta, ders kitaplarında da benzer durumlara rastlanmakta ve doğal olarak öğrencilerde bunları kullanmaktadır. Eğer bir kimya öğretmenin canlılık ve buna yer veren analogileri ve insana özgü ifadeleri derslerinde kullanması çok gerekliyse, öncelikle, öğrencilerini kullandığı dilin ve açıklamaların gerçekte var olmadığı konusunda mutlaka uyarıp, onların gerçek durum ve benzetme arasındaki ayrımın farkına varmasını sağlamalıdır. Daha sonra, bu tip ifadeleri kullanarak konuyu açıkladıktan sonra, olayı bir kez de fen bilimlerinin kendine özgü dili ile açıklamalı ve gerçek durumu vurgulamalıdır. Bu tip bir dil kullanımının hem öğrencilerde yanlış kavramaya neden olup olmadığı hem de öğrenci başarısı üzerine etkisini araştıran kontrollü deneysel çalışmalar yapılarak, bu konudaki çelişkiler giderilmeye çalışılmalıdır.

Teşekkür: Bu çalışmaya destek veren BAÜ Araştırma Fon Saymanlığı’na teşekkür ederiz.

Kaynaklar

1. Griffiths, A. K. & Preston, K. R., "Grade-12 Students' Misconceptions Relating to Fundamental Characteristics of Atoms and Molecules", *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 6, (1992) 611-628.
<http://www.daisley.net/hellevator/misconceptions/misconceptions.pdf>
2. Taber, K. S., "The Secret Life of the Chemical Bond: Students' anthropomorphic and Animistic References to Bonding", *International Journal of Science Education*, 18, 5, (1996) 557-568.
3. Kallery, M. & Psillos, D., "Anthropomorphism and Animism in Early Years Science: Why Teachers Use Them, How Conceptualise Them and What Are Their Views on Their Use", *Research in Science Education*, 34, (2004) 291-311.
4. Nicoll, G., "A Report of Undergraduates' bonding Misconceptions", *International Journal of Science Education*, 23, 7, (2001) 707-730.
5. Zohar, A. & Ginossar, S., "Lifting the Taboo Regarding Teleology and Anthropomorphism in Biology Education-Heretical Suggestions", *Science Education*, 82, (1998) 679-697.
6. Treagust, D. F., Chittleborough, G. & Thapelo, L. M., "The Role of Submicroscopic and Symbolic Representations in Chemical Explanations", *International Journal of Science Education*, 25, 11, (2003) 1353-1368.
7. Watts, M. and Bentley, D., Humanizing and feminizing school science: reviving anthropomorphic and animistic thinking in constructivist science education., *International Science Education*, (1994). 16(1), 83-97.
8. Banister, F. & Ryan, C., "Developing Science Concepts Through Story-Telling", *School Science Review*, 83, 302, (2001) 75-83.
9. Tamir, P. & Zohar, A., "Anthropomorphism and Teleology in Reasoning about Biological Phenomena" *Science Education*, 74, 1, (1991) 57-67.
10. McCoy, M., "Systematic Misrepresentation: Analogy and Anthropomorphism in the Work of Charles and Erasmus Darwin" *Discourse*, 9, (2003).
11. Taber, K. S., " Shifting Sands: A Case Study of Conceptual Development as Competition Between Alternative Conceptions", *International Journal of Science Education*, 23, 7, (2001) 731-753.
12. Coll, R. K. & Treagust, D. F., " Exploring Tertiary Students' Understanding of Covalent Bonding", *Research in Science and Technological Education*, 20, 2, (2002) 241-267.