

ODTÜ ÖĞRENCİLERİNİN MEKANİK KONUSUNDAKİ KAVRAM YANILGILARI

Ali ERYILMAZ* ve Ali TATLI**

ÖZET: Bu çalışma, yurtdışında bu alanda yapılan araştırmaların Türk üniversite öğrencileri ile yapılmış bir tekrarı niteliğindedir. Çalışmanın amaçları; (i) üniversite öğrencilerinin mekaniğe giriş dersindeki kavram yanlışlarını (misconceptions) ölçecek bir testin düzenlenmesi ve geliştirilmesi, ve (ii) ODTÜ birinci sınıf öğrencilerinin mekaniğe giriş konusundaki kavram yanlışlarının taranmasıdır.

46. Türkçe çoktan seçmeli sorudan oluşan mekanik kavram yanlışları testi ön test olarak 946 ve son test olarak 506 üniversite birinci sınıf öğrencisine mekaniğe giriş dersinde uygulandı. Sonuçların betimsel istatistik metodları ile analizi sonucu, öğrencilerin hangi konuda ve ne kadar kavram yanlışlığına sahip oldukları bulundu. Sonuçlar üç ana kategoride incelendi. 1. Aristo fiziği, 2. İmpetus fiziği, ve 3. Grafiklerin yorumlanması. Aristo fiziği üç kısımda incelendi; 1. İdeale karşı gerçek sistemler, 2. Hareket kuvvetin göstergesidir, ve 3. Kuvvet, ivme ile değil hız ile doğru orantılıdır. İmpetus fiziğinde doğrusal impetus incelendi. Grafiklerin yorumlanması kısmında, öğrencilerin konum-zaman grafiğinde yükseklik ile eğim arasında kavram yanlışları incelendi. Bu kavram yanlışlarının detayları, yüzdelikleri ve diğer ülkelerdeki çalışmalar ile karşılaştırılması detaylı olarak yapıldı.

ANAHTAR KELİMELELER: *Kavram yanlışları, Aristo fiziği, İmpetus fiziği, fizik başarısı*

ABSTRACT: This study is a replication study of the european studies conducted with Turkish university students. The purposes of this study are (i) to develop and validate a test to measure university students' misconceptions in introductory mechanics, and (ii) to survey METU freshmen students' misconceptions in introductory mechanics.

The Mechanics Misconception Test that contains 46 Turkish multiple choice items was administered to 946 freshmen students as a pretest and to 506 freshmen students as a post test in introductory mechanics course. After the analysis of the questions by descriptive statistical methods, students' misconceptions and their percentage were found. The results were analyzed in three categories: 1. Aristotelian physics, 2. Impetus physics, and 3. Interpreting the graphs. Aristotelian physics was analyzed in three categories; 1. Ideal versus real systems, 2. Motion implies force, and 3.

Force is directly proportional to velocity rather than acceleration. In Impetus physics, linear impetus was analyzed. In the interpreting the graphs, discriminating between the slope and height of a position versus time graph was analyzed. The descriptions of these misconceptions, their percentages, and comparison with the studies done in other countries were discussed in detail.

KEY WORDS: *Misconceptions, Aristotelian physics, Impetus physics, Physics achievement.*

I. GİRİŞ

Son on yıl boyunca fizik eğitimcileri dikkatlerini temel fiziğin öğretilmesi konusuna çevirmişlerdir. Özellikle öğrencilerin anlama zorluğu çektikleri mekanik konularının öğretimi ön plana alındı, çünkü fizikte öğretilen ilk konu mekaniiktir. Bundan dolayı, öğrencilerin mekanikteki başarılarına etki eden faktörleri bulmak için birçok araştırma başlatıldı. Bu araştırmalar sonunda, öğrencilerin mekanikteki başarılarına etki eden faktörlerden birinin öğrencinin mekanik hakkındaki kavram yanlışları olduğu anlaşıldı [1-4].

Öğrenciler okulda ilk fizik dersini almadan önce fiziksel (doğal) olaylar hakkında geliştirdikleri içgüdüsel inançlar, kavram yanlışlarını oluşturan faktörlerden bir tanesidir. Bu içgüdüsel inançları Novak [5] “önkavramlar (preconceptions)”; Driver ve Easley [6] “alternatif kavramlar”; Helm [7] “kavram yanlışları”; Sutton [8] “çocukların bilimsel içgüdüleri”; Gilbert, Watts, ve Osborne [9] “çocukların bilimi”; Halloun ve Hestenes [10] “genel duyu kavramları (common sense concepts)”; ve son olarak Pines ve West [11] “kendiliğinden oluşan bilgiler (spontaneous knowledge)” diye isimlendirmişlerdir. Yukarıda kullanılan bazı terimler arasında

* Dr., ODTÜ, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü, Eğitim Fakültesi, ANKARA

** Prof. Dr., ODTÜ, Fizik Bölümü, Fen-Edebiyat Fakültesi, ANKARA

küçük farklar olmasına rağmen, bu çalışmada düzenli olarak “kavram yanlışları” kullanılacaktır.

Öğrencilerin değişik fizik konularındaki kavram yanlışları çalışılmıştır; örneğin dünyanın şekli ve yerçekimi [12-14], ısı ve sıcaklık [15], vektörler [16, 17], mekanik [2, 10, 18-23]. Kavram yanlışları hakkında yapılan çalışmaların öğrencileri ilkokuldan [24] üniversiteye [25] kadar değişmektedir.

1.1 Çalışmanın Önemi ve Amacı

Bu alanda yapılan araştırmalar sonunda lise öğrencilerinin çoğunun okulda fizik dersi almadan önce, mekanik konularında bir çok kavram yanlışlarına sahip oldukları bulunmuştur. Bu kavram yanlışları öğrencilerin fizikteki başarılarına etki eden en önemli faktörlerden biridir [1-4]. Bu yüzden, öğrenciler fizik dersini almadan, bu kavram yanlışlarının neler olduğunun bulunması ve fizik dersinin bu yanlışları yok edecek veya azaltacak şekilde düzenlenmesi, öğrencilerin başarılarını artırmada çok önemlidir. Bundan dolayı, bu çalışmanın amaçları;

(i) üniversite öğrencilerinin mekaniğe giriş dersindeki kavram yanlışlarını (misconceptions) ölçecek bir testin düzenlenmesi ve geliştirilmesi, ve (ii) ODTÜ birinci sınıf öğrencilerinin mekaniğe giriş konusundaki kavram yanlışlarının taranmasıdır. Bu çalışma, yurt dışında bu alanda yapılan araştırmaların Türk üniversite öğrencileri ile yapılmış bir tekrarı niteliğindedir.

II. YÖNTEM

2.1 Evren ve Örneklem

Bu çalışmanın evreni, ODTÜ fizik bölümünde açılan Phys 105 kodlu “Genel Fizik I” veya Phys 111 kodlu “Fizik I (Mekanik) dersine kayıt olan öğrencilerdir. Bu evrenden örneklem seçilmemiştir. Fizik derslerinde, geliştirilmiş olunan mekanik kavram testini derslerinde uygulanmasına izin veren bütün öğretim üyelerinin derslerinde uygulanmıştır. Çalışmaya hangi bölümlerin katıldığı ve bu bölümlerden öntesti ve sontesti kaç öğrencinin aldığı Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Önteste ve sonteste giren öğrencilerin bölümleri ve sayıları

Bölüm	Öntesteki Öğrenci Sayısı	Sontesteki Öğrenci Sayısı
Fizik Eğitimi	47	44
İnşaat Müh.	154	107
Kimya Eğitimi	62	45
Jeoloji Müh.	40	32
Kimya ve Gıda Müh.	176	125
Kimya	80	46
Matematik Eğitimi	48	23
Fizik	52	47
Makina Müh.	211	37
Matematik	76	-
Toplam	946	506

2.2 Ölçme Araçları ve İzlenen Yol

Öğrencilerin mekanik konularındaki kavram yanlışlarını ölçmek için araştırmacılar tarafından mekanik kavram yanlışları testi geliştirildi. Testteki sorular çeşitli araştırmacılar tarafından

belirtilen genel kavram yanlışlarını ölçmek için geliştirilen sorular arasından seçildi. İlk olarak, bundan önceki araştırmacılar tarafından geliştirilmiş 90 soru bulundu. Bu soruların 15’i klasik tür sorulardı. İkinci olarak bu klasik sorulara ve-

rılmış cevapların, en genel kavram yanılgılarını yansıtanları çeldirici olarak seçerek çoktan seçmeli sorular hazırlandı. Daha sonra, bu sorulardan 60'ı Türkçeye çevirmeye değer bulundu. Son olarak, bu 60 sorudan 46'sı belirli kavram yanılgılarını net ve anlaşılır olarak ölçmelerini karşılaştırarak seçildi. Bazı sorular hiç değiştirilmeden ve bazıları çok az değişiklik yapılarak alındı. Bu test 946 kişiye öntest olarak dönemin başında ve 506 kişiye sontest olarak dönemin sonunda verildi. Veriler bilgisayara soru bazında girildikten sonra araştırmacılar tarafından geliştirilen Q-basic programı ile notlandırıldı. Test sonuçlarını analiz ettikten sonra, test sorularını i) öğrencilerin sınav sırasında sordukları soruları, ii) aynı kavram yanılgılarını ölçen soruları, ve iii) madde analizi (madde zorluğu ve ayırt etme gücü) sonuçları göz önüne alınarak dikkatlice incelendi. Ve sonuç olarak, bu sorulardan 15'i seçildi. Bu çalışmanın sonuçları bu 15 soruya dayanmaktadır. Kavram yanılgıları ve kaç soru tarafından ölçüldükleri, bulgular ve tartışma kısmında açıklanmıştır. Daha detaylı bilgiyi ve testi Eryılmaz [3]'da bulabilirsiniz.

Testin geçerliliği ve güvenilirliği de bu 15 soru ile yapılmıştır. Testin görünüş (face) ve içerik geçerliliği üç farklı metod ile gerçekleştirildi.

- 1) Testte kullanılan bütün sorular bundan önceki araştırmacılar tarafından geçerliliği oluşturulmuştur.
- 2) Bütün sorular, bir fizik profesörü ve birkaç yüksek lisans öğrencileri tarafından kontrol edilmiş ve önerileri takip edilmiştir.
- 3) Testi alan 10 öğrenci ile yapılan karşılıklı konuşmada öğrenciler soruları ve şıkları anladıklarını belirtmişlerdir.

Testin güvenilirliği örneklem öğrenciler ile yapılan konuşmalar ve test sonuçlarının istatistiksel analizi ile yapıldı. Konuşmalar sırasında, istisnasız bütün öğrenciler teste verdikleri cevapları aynen tekrarlamışlardır. Buradan görüşmeyi yapan kişi çok açık olarak anlamıştır ki, öğren-

cilerin cevapları tahmini ve gelişigüzel değil, kalıcı görüşleri yansıtmaktadır. Güvenirlik katsayısını hesaplayabilmek için Kuder-Richardson 21 ve Split-Half formülleri kullanılmıştır. Bu güvenirlik katsayıları için elde edilen değerler sırasıyla öntest için 0.64 ve 0.72 sontest için 0.70 ve 0.76'dır.

Test için elde edilen geçerlilik delilleri ve güvenirlik tahminleri, öğrencilerin bu testte aldığı notlar, öğrencilerin mekaniği kavramsal olarak anlamada geçerli ve güvenilir bir ölçü aleti olduğunu göstermektedir.

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Üniversite öğrencilerinin mekanik hakkındaki kavram yanılgılarını ölçmek için, çoktan seçmeli sorulardan oluşan mekanik kavram testi ve öğrenciler ile görüşme tekniği kullanıldı. Dönemin başında 946 ve dönemin sonunda 506 üniversite öğrencisinin teste verdikleri cevaplar araştırmacılar tarafından geliştirilmiş Q-basic programında betimsel istatistik kullanılarak incelenmiştir. Parantez dışındaki yüzdeler dönemin başındaki, parantez içindeki yüzdeler dönemin sonundaki öğrenci oranını göstermektedir.

3.1 Aristo Fiziği

3.1.1 Gerçek sistemlere karşı ideal sistemler.

Bu kavram yanılgısı testte 2 soru tarafından ölçülmüştür. Öğrencilerin %21(%25), bir nesneye etki eden toplam kuvvet sıfır olmasına rağmen hızının düşeceğine inanmaktadır. Halloun ve Hestenes [10] 478 üniversite öğrencisi ile yaptığı çalışmada kendi öğrencilerinde bu oranın %47(%20) olduğunu bulmuşlardır.

3.1.2 Hareket kuvvet ima eder.

Bu kavram yanılgısı testte 2 soru tarafından ölçülmüştür. Öğrencilerin %74(%56), bir nesne sabit bir hız ile hareket etmesine rağmen hareket

yönünde net bir kuvvet olduğunu düşünüyorlar. Viennot [26] 60 öğrencinin %37'sinin bu yanılığa iki aylık mekaniğe giriş dersinden sonra bile inandığını bulmuştur. Gunstone [20]'nun 5500 lise öğrencisi ile yaptığı çalışma, öğrencilerin %25'inin aynı kavram yanılığısına sahip olduklarını göstermiştir. Sequeira ve Leite [27] tarafından 84 dokuzuncu sınıf, 99 onuncu sınıf, ve 45 üniversite birinci sınıf fizik öğrencileri ile yapılan başka bir çalışmada, öğrencilerin akademik seviyesi ve problemlerin durumuna göre %18 ile %53'ü hareketin aynı yönde bir kuvvette ihtiyacı olduğu fikrini benimsemişlerdir. Son olarak, Sadanand ve Kess [28] 57 lise öğrencisinin %82'sinin aynı kavram yanılığısına sahip olduklarını bulmuşlardır.

3.1.3 Kuvvet ivme ile değil, hız ile doğru orantılıdır.

Bu kavram yanılığısı testte 4 soru tarafından ölçülmüştür. Öğrencilerin %36(%28)'i, sabit bir kuvvetin etkisi altında olan bir nesne, sabit bir hız ile hareket edeceği ($F=mV$) fikrini paylaşmışlardır. Halloun ve Hestenes [10] 478 üniversite öğrencisinin %66(%34)'ü sabit kuvvet altında bir nesnenin sabit hız ile hareket edeceği fikrini en az bir defa tekrarlamışlardır. Sequeira ve Leite [27]'nin 9. sınıf, 10. sınıf ve üniversite birinci sınıf öğrencileri ile yaptığı çalışmada, öğrencilerin %13 ile %35 oranında akademik seviyelerine göre aynı düşünceye sahip olduklarını bulmuşlardır.

3.2 Çizgisel Impetus Fiziği

Bu kavram yanılığısı testte 2 soru tarafından ölçülmüştür. Öğrencilerin %63(%51), bir nesne atıldığı zaman hareketin kaynağı, nesneye ortamın direnci tarafından yok edilinceye kadar nesnenin hareketini sağlayan bir hareket gücü verdiği inandırmaktadırlar. Bu transfer edilen hareket gücüne Impetus denmiştir. Halloun ve Hestenes [10] 478 üniversite öğrencilerinin %40(%24)'ünün aynı görüşe inandıklarını bulmuşlardır.

3.3 Grafik Yorumlanması

Öğrencilerin %40(%36)'sı konum-zaman grafiğinin yüksekliği ile eğimini ayırt edememişlerdir. Öğrenciler sık sık, konum-zaman grafiğinden istenilen bilgilerin eğimden mi yoksa yükseklikten mi çıkartılacağını karıştırmışlardır. Bu kavram yanılığısı testte 3 soru tarafından ölçülmüştür.

Öğrencilerin %49(%47)'si konum-zaman grafiğinde yükseklikteki değişiklik ile eğimdeki değişiklik ayırt edememişlerdir. Eğimdeki değişme yükseklikteki değişme kadar net algılanamaz ve bunlardan bilgi alınmadan önce çok dikkatli analiz edilmesi gerekir. Bu kavram yanılığısı testte 2 soru tarafından ölçülmüştür.

IV. SON SÖZ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı bundan önce yurt dışında lise ve üniversite öğrencilerinde bulunan kavram yanılığılarının Türk üniversite öğrencilerinde olup olmadığını araştırmaktır. Bu kavram yanılığılarını ölçmek için bundan önceki araştırmacılar tarafından geliştirilmiş 46 soru kullanılarak bir mekanik kavram testi geliştirildi. Test, ODTÜ'ünde öntest olarak 946 ve sontest olarak 506 birinci sınıf öğrencisine mekaniğe giriş dersinde uygulandı. Bu çalışma bu testin yalnızca 15 sorusunun sonuçlarını ortaya koymaktadır. Bu soruların analizi sırasında ve bu konuda bundan önce yapılan çalışmaların yorumları göz önüne alınıp, kavram yanılığıları kategorize edilip, bundan önceki bulgular ile karşılaştırıldı. Bu sırada, bizim ve bundan önceki çalışmaların da dikkatini, öğrencilerin yanılığılarının kavramların tarihsel gelişimi ile ne kadar benzeştiği çekmiştir. Bu fikrimizi desteklemesi açısından bulgu ve bilgi derlememizi Tablo 2'de özetliyoruz. Bu tablonun birinci sütununda Newton fiziği kavramları, ikinci sütununda aynı kavramın Newtondan önceki hali ve son sütunda öğrencilerin bu kavramlara alternatif kavramları verilmiştir.

Tablo 1. Öğrencilerin mekanik konusundaki alternatif kavramları ve bunların Newton fiziğinden önceki eşdeğer kavramları

Newton Fiziği Kavramları	Newtondan Önceki Kavramlar	Öğrencilerin Alternatif Kavramları
Dış net kuvvetin yokluğunda nesnelere sabit hızla hareket ederler	Sürtünmesiz bir ortam yoktur (Aristo, M.Ö. 4. Yüzyıl)	Nesnelerin üzerine etki eden net kuvvet sıfır olmasına rağmen hızları azalır
Dış net kuvvetin yokluğunda nesnelere sabit hızla hareket ederler	Nesneler ancak hareket ettirici ile direkt temas halinde hareket edebilirler (Aristo, M.Ö. 4. Yüzyıl)	Hareket, hareket yönünde bir kuvvetin olduğunu gösterir
Dış net kuvvetin yokluğunda nesnelere sabit hızla hareket ederler	Hareket Impetus tarafından devam ettirilir (Buridan, M.S. 14. Yüzyıl)	Hareket, sınırlayıcı kuvvetler sabit hızla kaldırıldıktan sonra, hareket yönünde bir kuvvetin olduğunu gösterir
Kuvvet, ivme ile doğru orantılıdır	Hava, nesne serbest düşme halinde iken, hızı sabit tutar (Aristo, M.Ö. 4. Yüzyıl)	Kuvvet, hız ile doğru orantılıdır

Sonuç olarak bu çalışma, bundan önce yurt dışında yapılan çalışmaların şu sonuçlarını desteklemektedir;

1. Üniversite öğrencileri, üniversitede ilk mekaniğe giriş dersini almadan önce mekanik kavramları hakkında kavram yanılgıları geliştirmektedirler.
2. Bu yanılgıların önemli bir kısmı üniversitedeki mekaniğe giriş dersinden sonra bile öğrencilerde görülmektedir.
3. Öğrencilerin bu kavram yanılgıları, kavramların tarihsel gelişimi ile paralellik göstermektedir.

Bu bulgu ve yorumlardan sonra, lise ve üniversite öğretmen ve yöneticilerine şunları öneriyoruz. Sizin göreviniz, boş bir vazo olarak görünen öğrencilerinizi bilgi ile doldurmak değildir. Öğrenciler sınıfa geldiği zaman öğretilecek kavramlar hakkında alternatif kavramlara sahiptirler. Bu kavramlar geleneksel öğretim metodu ile çok fazla değiştirilememektedir. Bundan dolayı, öncelikle öğrencilerin bu alternatif kavramlarının ne olduğunun bilinmesi gerekiyor. Bu çalışmada kullanılan test öğrencilere uygulanabilir. Bu kavramları öğrendikten sonra, bu alternatif kavramları Newton kavramları ile değiştirecek öğretim/öğrenim etkinliklerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu etkinlikleri ve metodları şu referanslarda bulabilirsiniz; kavram haritalama metodu [29], kavramsal ev ödevleri [4], bilişsel

ikilem yaratan bilgisayar destekli eğitim programları [4, 30], kavramsal değişim tartışmaları [4, 31], ve birleştirici benzetmeler [19]. Son olarak, bu metodları kullanırken sürekli teşhis edici testlerin yardımı ile öğrencilerdeki değişikliği gözetip, tekrar metodun ayarlanması gerekmektedir. Ayrıca, fizik öğretmeni adaylarına ve öğrencilere fizikteki kavramların tarihsel gelişmesi ile ilgili ders ve etkinlikler verilmelidir.

V. KAYNAKÇA

1. Champagne, A.B., Klopfer, L.E., ve Anderson, J.H., "Factors Influencing The Learning of Classical Mechanics", *American Journal of Physics*, 48(12): 1074-1079, (1980).
2. Halloun, I.A., ve Hestenes, D. "The Initial Knowledge State of College Physics Students", *American Journal of Physics*, 53(11): 1043-1048, (1985).
3. Eryılmaz, A. **Students' preconceptions in introductory mechanics**. Yayınlanmamış Master Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Turkey, (1992).
4. Eryılmaz, A. "The effects of conceptual assignments, conceptual change discussions, and a CAI program emphasizing cognitive conflict on students' achievement and misconceptions in physics" *Dissertation Abstract International*, 57-04A, 1546, (1996).
5. Novak, J., **A Theory of Education**, Cornell University Press, Ithaca, (1977).
6. Driver, R., ve Easley, J. "Pupils and Paradigms: A

- review of literature related to concept development in adolescent science students”, **Studies in Science Education**, 5: 61-84, (1978)
7. Helm, H., “Misconceptions in Physics Amongst South African Students”, **Physics Education**, 15: 92-105, (1980).
 8. Sutton, C.R., “The Learner’s Prior Knowledge: A Critical Review of Techniques for Probing Its Organization”, **European Journal of Science Education**, 2: 107-120, (1980).
 9. Gilbert, J.K., Watts, D.M. ve Osborne, R.J., “Students’ Conceptions of Ideas in Mechanics”, **Physics Education**, 17: 62-66, (1982).
 10. Halloun, I.A., ve Hestenes, D. “Common Sense Concepts About Motion”, **American Journal of Physics**, 53(11): 1056-1065, (1985).
 11. Pines, A., ve West, L. “Conceptual Understanding and Science Learning: An Interpretation of Research Within a Sources of Knowledge Framework”. **Science Education**, 70(5): 583-604, (1986).
 12. Klein, C.A. “Children’s concepts of Earth and Sun: A Cross Cultural Study”, **Science Education**, 65: 95-107, (1982).
 13. Mali, G. ve Howe, A. “Development of Earth and Gravity Concepts Among Nepali Children”, **Science Education**, 63: 685-691, (1979).
 14. Sneider, C. ve Pulos, S. “Children’s Cosmographies: Understanding the Earth’s Shape and Gravity”, **Science Education**, 67: 205-221, (1983).
 15. Shayer, M., ve Wylam, H. “The Development of Concepts of Heat and Temperature in 12-13 year-olds”. **Journal of Research in Science Teaching**, 18: 419-434, (1981).
 16. Aguirre, J.M. ve Erickson, G. “Students’ Conceptions About the Vector Characteristics of Three Physics Concepts”, **Journal of Research in Science Teaching**, 21: 439-457, (1984).
 17. Aguirre, J.M. “Student Preconceptions About Vector Kinematics”, **Physics Teacher**, 26: 212-216, (1988).
 18. Caramazza, A., McCloskey, J., ve Green, B. “Naive Beliefs in “Sophisticated” Subjects: Misconceptions About Trajectories of Objects”, **Cognition**, 9: 117-123, (1981).
 19. Clement, J.J. “Using Bridging and Anchoring Intuitions to Deal with Students’ Preconceptions in Physics”. **Journal Research in Science Teaching**, 30: 1241-1246, (1993).
 20. Gunstone, R. F. “Student Understanding in mechanics: A Large Population Survey”. **American Journal of Physics**, 55(8):: 691-695, (1987).
 21. Lawson, R.A., ve McDermott, L.C. “Student Understanding of Work-Energy and Impulse-Momentum Theories”, **American Journal of Physics**, 55: 811-817, (1987).
 22. Trowbridge, D.E., ve McDermott, L.C. “Investigation of Student Understanding of Concept of Velocity in one Dimension”, **American Journal of Physics**, 48: 1020-1028, (1980).
 23. Trowbridge, D.E., ve McDermott, L.C. “Investigation of Students Understanding of the Concept of Acceleration in One Dimension”, **American Journal of Physics**, 49: 242-253, (1981).
 24. Nussbaum, J., ve Novak, J. D. “ An Assesment of Children’s Concepts of the Earth Utilizing Structured Interviews” **Science Education**, 60: 535-550, (1976).
 25. Hewson, P.W. “A Case Study of Conceptual Change in Special Relativity: The Influence of Prior Knowledge in Learning”, **European Journal of Science Education**, 4: 61-78, (1982).
 26. Viennot, L. “Analyzing Students’ Reasoning: Tendencies in Interpretation”, **American Journal of Physics**, 53: 432- 436, (1985).
 27. Sequeira, M., ve Leite, L. “Alternative Conceptions and History of Science in Physics Teacher Education”, **Science Education**, 75: 45-56, (1991).
 28. Sadanand, N., ve Kess, J. “Concepts in Force and Motion”, **Physics Teacher**, 28: 530-533, (1990).
 29. Novak, J.D. “Concept Mapping, A Useful Tool for Science Education”. **Journal of Research in Science Teaching**, 27,937-949, (1990).
 30. Gorsky, P., ve Finegold, M. “Using Computer Simulations to Restructure Students’ Conceptions of Force”, **Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching**, 11: 163-178, (1992).
 31. Posner, G.J., Strike, K.A., Hanson, P.W., ve Gertzog, W.A. “Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change”, **Science Education**, 66: 211-227, (1982).