

## Yarış Probleminde Kütlelinin Anlamlandırılması<sup>1</sup>

### Making Meaning Of Mass Variable In Race Problems

*Ahmet Yavuz, Burcu Baykal, Burak Kağan Temiz*

*Niğde Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, İlköğretim Bölümü, Fen Bilgisi Öğretmenliği  
A.B.D., Niğde, Türkiye*

**İlk Kayıt Tarihi: 20.03.2014**

**Yayına Kabul Tarihi: 07.08.2014**

#### **Özet**

*Bu çalışmanın amacı, yatay düzlemde yarışan düzenekler için, yarış sonucunu tahmin etmede kütlelinin, ortaokul öğrencileri tarafından nasıl anlamlandırıldığını araştırmaktır. Bu doğrultuda öğrencilerin kütle kavramı hakkında günlük hayattaki gözlemlerinden yapılandırdıkları şemaların, sınıf düzeyi, cinsiyet gibi değişkenler bakımından farklılık gösterip göstermedikleri analiz edilmiştir. Bu amaçla araştırmacılar tarafından geliştirilen ve beş açık uçlu sorudan oluşan Yarış Soru Seti, 738 ortaokul öğrencisine uygulanmıştır. Tarama araştırma deseninin benimsendiği bu araştırmada, öğrenci cevapları betimsel olarak analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, öğrencilerin kütleli en az olan aracın yarışı kazanacağını belirttiklerini; fakat kütle miktarının yarış sıralaması tahmininde tek ölçüt olarak kullanılmadıklarını göstermiştir.*

***Anahtar Kelimeler:** kütle, Sürat, Yarış Tahmini, Hareketin Genel Duyu Kuramı, Şemalar.*

#### **Abstract:**

*This study aims to investigate how middle school students make meaning the relationship between mass of vehicles and their speed on a horizontal plane. Accordingly, students' schemes constructed from daily life observations for concepts such as the concept of mass and differences between schemes and variables including level of class and gender were investigated. Race Question Set developed by authors was administrated to 738 middle school students. A descriptive study (relational-screening model) was adopted for analyzing students' answers. Findings obtained indicated that mass of vehicles was important but that was not a single criterion for predicting race result among students.*

***Keywords:** mass, speed, race prediction, common sense theory of motion, schemes.*

#### **Giriş**

İki hareketli arasındaki yarış, sadece spor ve fiziğe özgü kalmamış; felsefeden edebiyata ve hatta psikolojiye kadar birçok alanda yerini almıştır. Antik çağda Eleali Zenon'un Aşıl ve Kaplumbağa arasındaki yarış paradoksu, La Fontaine'in Tavşan ve

---

*1. Bu araştırmada yer alan bazı bulgular 27-30 Haziran 2012 tarihleri arasında Niğde'de düzenlenen X. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresinde sunulmuştur.*

Kaplumbağa arasındaki yarış masalı ve Piaget'nin (1957) çocukların yarış problemlerinden hareketle sürat, zaman ve yol algıları üzerine çalışmaları bunlara örnektir (Buckingham ve Shultz, 2000; Howe, 2002). Her ne kadar yarışlarda sonuç; sürat, zaman ve yol gibi kinematik değişkenler incelenerek tahmin edilse de kütle geri planda çalışan önemli bir değişkendir. Kinematik denklemlerde (örneğin  $v = v_0 + at$ ) kendini göstermeyen bu niceliğin hareketteki önemi ilk kez Galileo tarafından vurgulanmış ve Newton tarafından formüle edilmiştir (Givry, 2003; Hewitt, 2009; Serway ve Jewett, 2009). Ders kitaplarında çoğu kez değişmez madde miktarı olarak tanımlanan kütle (Hewitt, 2009; Serway ve Jewett, 2009), Newton'un birinci yasasıyla tanımlanan eylemsizliğin bir ölçüsüdür. Bu bağlamda kütle, uzay ve zamandan sonra fizikte önemli bir kavramdır (Galili, 2001) ve bu nedenle hareketteki rolünün kavranması gerekir. Bu bağlamda fizik eğitimi alan yazında kütle ve hareket arasındaki ilişkinin öğrenci tarafından nasıl anlamlandırıldığına yönelik farklı çalışmalar (Bovet ve Halbwachs, 1980; Brown ve Clement, 1992; Galili, 1993, 1995, 2001; Givry, 2003; Gönen, 2008; Halbwachs, 1979; Heurtaux, 1978; Mullet ve Gervais, 1990)1980; Brown & Clement, 1992; Galili, 1993, 1995, 2001; Givry, 2003; Gönen, 2008; Halbwachs, 1979; Heurtaux, 1978; Mullet & Gervais, 1990 gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda öğrenciler kütle az olan cismin daha çabuk hızlanacağını bilmektedir; fakat eylemsizlik kütlelerini, yer çekimi alanına bağlı olarak anlamlandırmaktadır.

Cisimlerin hızlanmalarını etkileyen değişkenlerin öğrencilerdeki algısını araştırmaya yönelik Hareketin Genel Duyu Kuramı (Commonsense Theory of Motion) (Bliss, 2008) çerçevesinde yakın zamanda gerçekleştirilen araştırmalar bulunmaktadır (Hast ve Howe, 2013a; Hast ve Howe, 2013b; Howe ve Hast, 2012). Bu çalışmalarda düşey ve yatay eksen ile eğik düzlemde bilye, oyuncak araba, top gibi cisimlerin hareketine cisimlerin boyut, doku ve şeklinin nasıl etkilendiği üzerine odaklanılmıştır. Bu araştırmalarda, düşey ekseninde hareket için ağır cisimlerin daha hızlı düştüğü konusunda farklı araştırmalar arasında bir tutarlılık olduğundan bahsedilmektedir. Benzer şekilde yatay ekseninde harekette hafif olan cisimlerin daha hızlı hareket edeceği 5-11 yaş grubu katılımcılar tarafından belirtilmektedir. Bu çalışmalarda ilkokul öğrencileri ile çalışıldığı için kütle değerleri ile ilgilenilmemekte sadece bir obje değerine göre daha hafif veya daha ağır olacağı algısı (örneğin aynı büyüklükte cam bilye ve tenis topu gibi) öğrencilere bırakılmaktadır.

Öğrencinin yaşantısında karşılaştığı araçlar genelde yatay ekseninde (düz yol üzerinde) veya eğik düzlemde (tırmanma şeridi üzerinde) hareket etmektedir. Yukarıda belirtilen ve Hareketin Genel Duyu Kuramı çerçevesinde yapılan bazı araştırmalar (Hast ve Howe, 2012, 2013a) öğrencilerin eğik düzlem üzerinde kütlelerine bağlı olarak sürat tahmininde yatay ekseninde hareketten veya düşme hareketinden etkilendiğini belirtmektedir. Bu nedenle düşey ekseninde araç yarışı günlük hayatta gerçekleşmediğinden öncelikli olarak yatay ekseninde kütle değişkenine bağlı olarak öğrencilerin sezgisel bilgilerinin araştırılması önem kazanmaktadır. Daha önce gerçekleştirilen çalışmalarda yaş aralığı nedeniyle iki cisim arasında hafif-ağır kıyaslaması ile sınırlı kalmakta ve buna bağlı olarak kütlelerin sürat tahminine olan etkisinin çok az düzeyde (Hast ve Howe,

2013b) olduğu belirtilmektedir. Oysa günlük hayattaki araçların (kamyon, vagon, tren gibi) düz bir yol üzerinde *kalkış (drag) yarışı* esnasında kütleyle ilişkin hafif-ağır kıyaslaması haricinde farklı değişkenler bulunmaktadır. Bu nedenle bu araştırmada düz bir yol üzerinde ve uzayda farklı araçların yarışlarında kütlelinin hareketi nasıl etkileyeceğine ilişkin öğrenci kavramalarının araştırılması amaçlanmaktadır.

### **Araştırmanın Amacı**

Hareketin Genel Duyu Kuramı bazı anahtar kavramlar üzerinde durmaktadır. Bunlar destek-düşme, hareket-efor ve hareketin psikolojik boyutunu açıklamak için kullanılan şemalardır. Şayet bir cisim herhangi bir destek üzerinde durmuyorsa başka bir destek üzerinde duruncaya kadar düşme hareketi yapacaktır. Hareket belirli bir eforu gerektirir. Bir cismin yerini ve yolunu değiştirme veya bir yol üzerinde devam etmesini sağlama “efor” ile açıklanır. Piaget tarafından geliştirilen “şema” kavramı ise fiziksel dünya hakkında bilgi sahibi olmayı sağlayan işlemler olarak görülmektedir. Bliss (2008) gerçek dünya ile etkileşimle yapılan deneysel (ampirik) soyutlamaların harekete ilişkin somut fiziksel şemalar ortaya çıkardığını ifade etmektedir. Bu şemalardan bazıları sert zeminlerin nesnelere destek olması, bir dirence karşı nesnelere hareket etmesi, bir nesnenin başka bir nesne üzerinde veya içerisinde taşınması ve nesnelere mekânsal konumları şeklinde açıklanmaktadır. Bu araştırmada, bu şemalardan bir nesnenin başka bir nesne üzerinde veya üzerinde taşınması şeması ve nesnelere taşınma esnasında mekânsal konumlarına ilişkin oluşturdukları şemalara odaklanılacak ve bunların öğrenciler tarafından nasıl kullanıldığı açıklanacaktır. Bu doğrultuda araştırma Hareketin Genel Duyu kuramında daha önce çalışılmamış olduğu düşünülen boşluğu doldurmayı hedeflemektedir.

Bu doğrultuda çalışmanın amacı; ortaokul öğrencilerinin yatay düzlemde yarışan düzeneklerin, yarış sonucunu tahmin etmede kütleliyi nasıl anlamlandırdıklarını araştırmaktır. Bu çalışmada, kütle kavramının öğrencilerin günlük hayattaki gözlemlerinden yapılandırdıkları şemaları ortaya konulacak ve bu şemaların sınıf düzeyi ile cinsiyet gibi değişkenler bakımından farklılık gösterip göstermedikleri analiz edilecektir.

## **1. Yöntem**

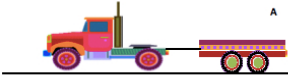

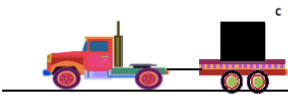




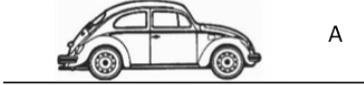


Bu çalışmada ilişkisel tarama modeli kullanılmıştır. İlişkisel tarama modelleri, iki ya da çok sayıda değişken arasındaki birlikte değişimin varlığını ve/veya derecesini belirlemeyi amaçlayan araştırma modelleridir (Büyüköztürk et al., 2009; Karasar, 2011). Yatay düzlemde yarışan düzeneklerin, yarış sonucunu tahmin etmede kütlelinin ortaokul öğrencileri tarafından nasıl anlamlandırıldığı araştırılırken seçilen değişkenler; kütlelinin büyüklüğü, konumu, parçalara bölünmüş olması, parçalar arası uzaklıklardır.

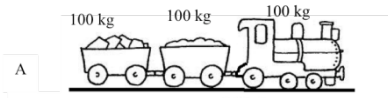
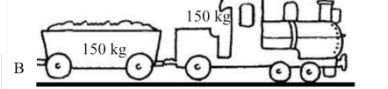
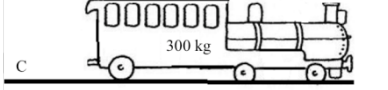
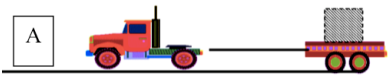
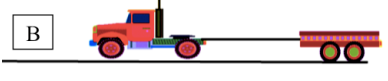
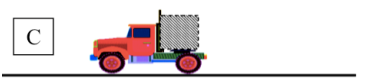

### **Veri Toplama Aracı**

Çalışmanın verileri, araştırmacılar tarafından hazırlanan Yarış Soru Seti (YSS) yardımıyla toplanmıştır. YSS, 5 farklı yarış problemini içeren açık uçlu sorulardan oluşmaktadır. Soruların içeriği ve puanlaması tablo 1’de gösterilmiştir. Her bir so-

ruda öğrencilerden, verilen sistemlerin sürtünmesiz ortamda yarışması durumunda, sonuç sıralamasının nasıl olacağını tahmin etmeleri istenmiştir.

**Tablo 1. Yarış Soru Seti (YSS) Puanlama Anahtarı**

Soru No	Düzenek	Sıralama	Puanlama
1	 A	A: 1. olur	3
	 B	B=C	3
	 C	Diğer	0
2	 A	C: 1. olur.	2
	 B		
	 C	A=B=D	2
	 D	Diğer	0
3	 A	A=B=C	6
	 B		
	 C	Diğer	0

Soru No	Düzenek	Sıralama	Puanlama
4	A 	A=B=C	6
	B 		
	C 	Diğer	0
5	A 	A=D	2
	B 	B=C	2
	C 	B=C > A=D	2
	D 	Diğer	0

### Çalışma Grubu

Hazırlanan YSS formu, 2011-2012 eğitim-öğretim yılında Niğde ilinde bulunan toplam 10 ilköğretim okulunda uygulanmıştır. Araştırmanın çalışma grubunu bu okulların 6, 7 ve 8. sınıflarda öğrenim görmekte olan 738 ortaokul öğrencisi oluşturmaktadır. Bu grubun 382'si kız 356'si erkektir. Öğrencilerin sınıf düzeyine göre dağılımları 6. sınıf 206 (110 Kız, 96 erkek), 7. sınıf 288 (145 kız, 143 erkek), 8. sınıf 244 (127 kız, 117 erkek) öğrenci şeklindedir. Öğrencilerden bir ders saati içerisinde soruları cevaplamaları istenmiş, sürenin yetmediği durumlarda ek süre verilmiştir. Ayrıca araştırmanın uygulanma aşaması için öğrencilerin Fen ve Teknoloji dersinde “kuvvet ve hareket” konusunu işleyerek gerekli temel bilgileri edindikleri göz önünde bulundurulmuştur.

### Verilerin Analizi

Verilerin analizinde Tablo 2’de belirtilen yöntem kullanılmıştır. Öncelikle öğrenci cevapları mutlak doğru-yanlış ekseninde kodlanmak suretiyle öğrencilerin yarış sıralamasında kütleli tek ölçüt olarak kullanıp kullanmadıkları analiz edilmiştir. Daha sonra öğrenci cevapları puanlanmak suretiyle cinsiyet ve sınıf düzeyine göre başarı dağılımları nicel olarak analiz edilmiştir. Her bir soru en yüksek 6 puan olmak üzere bir öğrencinin

alacağı en yüksek puan 30'dur. Her bir soru için puanlamanın nasıl yapıldığı tablo 1'de detaylı olarak anlatılmıştır. Kütlelin doğru yarış sıralamasında tek ölçüt olarak alınmasa bile yarışın birincisini belirlemedeki etkisi de araştırılmıştır. Daha sonraki analizlerde yarışan araçların kütlelerin eşitliği durumunda farklı ölçütler doğrultusunda çözümler kodlanmış, betimsel analizler doğrultusunda cinsiyet ve sınıf düzeyine göre anlamlı fark olup olmadığı Ki-kare bağımsızlık testi yardımıyla nicel olarak analiz edilmiştir.

**Tablo 2. Verilerin analizi**

Analiz	Analiz Yöntemi	Sorular
1. Yarış tahmininde kütle tek ölçüt müdür?	Doğru-Yanlış ekseninde kodlama	Tüm sorular
2. Kütlelin yarışa etkisi	Kütlesi az olan araçların kazanan araç olup olmadığı -Betimsel Analiz -Ki-kare Bağımsızlık Testi	1,2 ve 5
3. Eşit kütleli düzeneklerde, taşınan yükün çeken veya çekilen araç üzerinde olmasının yarışa etkisi	Yükün çeken veya çekilen araç üzerinde olması önemlidir/önemsizdir -Betimsel Analiz -Ki-kare Bağımsızlık Testi	1 ve 2
4. Eşit kütleli araçların tek veya bölünmüş olarak yarışmasının sonuca etkisi	Araçların parça sayısı önemlidir/önemsizdir. -Betimsel Analiz -Ki-kare Bağımsızlık Testi	4
5. Eşit kütleli düzeneklerde çeken ve çekilen arası uzaklığın yarışa etkisi	Çeken aracın çekilene yakınlığı önemlidir/önemsizdir. -Betimsel Analiz -Ki-kare Bağımsızlık Testi	5
6. Eşit kütleli araçlarda marka ve modellerinin yarış sonucuna etkisi	Araçların modelleri yarış tahmininde önemlidir/önemsizdir. -Betimsel Analiz -Ki-kare Bağımsızlık Testi	3

## 2. Bulgular ve Yorumlar

Araştırmada toplanan bulgular, yarış sonucunu tahmin etmede dikkate alınan değişkenler bakımından aşağıdaki başlıklar altında toplanmıştır.

### 1. Kütle miktarı yarış tahmininde tek ölçüt müdür?

Yarışan araçların kütle miktarının öğrenciler tarafından yarış sıralamasını belirleyici tek ölçüt olarak alınıp alınmadığını ortaya koymak için öğrencilerin cevapları doğru-yanlış olmak üzere iki ekseninde kodlanmıştır. YSS'de yer alan soruları doğru olarak cevaplayabilmenin tek yolu, yarışan araçların kütle miktarlarına odaklanmaktır. Herhangi bir nedenle öğrenci, kütle miktarından başka bir ölçüt dikkate alırsa, diğer bir ifadeyle daha önceden yapılandığı şemaları kullanırsa yarış sıralamasını doğru olarak gerçekleştiremeyecektir. Bu doğrultuda öğrencilerin her bir soru için yarış tahminleri doğru-yanlış ekseninde kodlanmış ve elde edilen bulgular Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3. Doğru cevap veren öğrenci sayıları ve yüzdeleri**

Soru No		Cevap		Toplam
		Doğru	Yanlış	
1	N	132	606	738
	%	17,8	82,1	100
2	N	186	532	718
	%	25,9	74,1	100
3	N	223	513	736
	%	30,3	69,7	100
4	N	235	513	748
	%	31,4	68,6	100
5	N	33	673	706
	%	4,7	95,3	100

Cevapların geneline bakıldığında yanlış cevapların oranının her soruda doğru cevaba göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Dolayısıyla öğrenciler, yarış sıralaması yaparken toplam kütle miktarından başka ölçütleri de göz önünde bulundurmışlardır. Öğrencilerin en fazla başarısızlık gösterdiği soru beşinci sorudur. Tablo 1’de gösterilen beşinci soruda kütleli diğerlerinden az ve birbirine eşit olan iki araç bulunması bunu tetiklemiştir. En fazla doğru cevap verilen sorular ise üçüncü ve dördüncü sorulardır. Üçüncü soruda kütleleri aynı, farklı modellerde araçların yarışı; dördüncü soruda ise toplam kütleleri aynı olan trenlerin yarışı söz konusudur.

## 2. Kütlelinin yarışa etkisi

Tablo 2’de elde edilen bulgular, öğrencilerin kütlelinin hareket üzerindeki rolünü kavramada güçlükleri olduğunu göstermiştir. Fakat bu tablo mutlak doğru cevap aranarak hazırlandığı için kütleli küçük olan aracın yarışı kazanmadaki rolünü etkisini tam olarak göstermemektedir. Bu nedenle kütleleri farklı araçları içeren 1, 2 ve 5. sorulara odaklanılmıştır. Bu sorularda doğru cevabı aramaksızın öğrenci cevaplarında kütleli hafif olan aracın veya araçların birinci olup olmadığı araştırılmıştır. Bu doğrultuda 1. soruda A aracını, 2. soruda C aracını, 5. soruda ise B ve C araçlarını birinci olarak tahmin eden öğrenciler “*Kütlesi hafif olan araç yarışı birinci olarak kazanır*” kategorisine diğerleri “*Kütlesi hafif olan araç yarışı birinci olarak kazanamaz*” kategorisine dâhil edilmiştir. Buna ilişkin bulgular Tablo 4’te gösterilmiştir.

**Tablo 4. Kütlesi en hafif olan araç veya araçların yarışı kazanma durumu**

Sınıf		Kütlesi hafif olan; yarışı...											
		1. Soru				2. Soru				5. Soru			
		Kazanır		Kazanamaz		Kazanır		Kazanamaz		Kazanır		Kazanamaz	
		K	E	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E
6. sınıf	N	100	87	10	9	92	86	18	9	5	3	101	91
	%	49	42	5	4	45	42	9	4	3	2	50	45
7. sınıf	N	123	112	22	31	108	118	34	24	8	7	134	127
	%	43	39	8	10	38	42	12	8	3	2	49	46
8. sınıf	N	112	103	15	14	99	87	25	25	9	9	108	104
	%	46	42	6	6	42	37	11	11	4	4	47	45
Toplam	N	335	302	47	54	299	291	77	58	22	19	343	322
	%	86.3		13.7		81.4		18.6		5.8		94.2	

Öğrencilerin büyük çoğunluğu 1. ve 2. sorularda kütlesi hafif olan aracın yarışı birinci olarak kazanacağını düşünmektedir. Fakat 5. soruda tam tersi bir durum ortaya çıkmıştır. Çünkü birinci ve ikinci soruda sadece bir aracın kütlesi en küçük iken beşinci soruda kütlesi en küçük ve birbirine eşit olan iki araç bulunmaktadır. Öğrencilerin sadece %5,8'i kütlesi eşit ve küçük olan iki aracın aynı zamanda yarışı bitireceğini ifade etmiştir. Elde edilen bu bulgu hareketli cisimlerin kütlelerinin eşit olması durumunda öğrencilerin başka ölçütleri dikkate aldığını göstermektedir. Araştırmanın bundan sonraki kısmında kütlelerin eşitliği durumunda öğrencilerin dikkate aldığı bu ölçütler açıklanacaktır.

Kütlesi hafif olan aracın yarışı kazanacağını düşünen öğrenciler ile bu öğrencilerin sınıf düzeyleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığı Ki-kare Bağımsızlık Testi uygulanarak araştırılmıştır. Ki-kare analiz sonuçlarına göre ikinci ve beşinci sorularda kütlesi hafif olan aracın yarışı kazanacağını düşünen öğrenciler ile öğrencilerin sınıf düzeyleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (İkinci soru için  $\chi^2 = 5.652$ ,  $p > .05$ , beşinci soru için;  $\chi^2 = 2.978$ ,  $p > .05$ ). Fakat birinci soruda kütlesi hafif olan aracın yarışı kazanacağını düşünen öğrenciler ile öğrencilerin sınıf düzeyleri arasında altıncı ve sekizinci sınıf öğrencileri lehine bir fark olduğu bulunmuştur ( $\chi^2 = 9.567$ ,  $p < .01$ ). Yedinci sınıf düzeyinde öğrencilerin kütlesi hafif olan aracın kazanamayacağına ilişkin görüşlerinde artış olmuştur. Bu ise daha önce belirtilen eğik düzlemde ağır olan cisimlerin daha hızlı gideceğine ilişkin şema ile karışıklıktan kaynaklandığı düşünülebilir. 7.sınıf öğrencilerinin ikinci soruya verdikleri cevaplar incelendiğinde de bu düşünce desteklenmektedir. Çünkü 2. soruda da “Kütlesi hafif olan yarışı kazanır” diyen öğrencilerin sayıca azlığı dikkat çekmektedir (bakınız Tablo 4). Diğer taraftan kütlesi hafif olan aracın yarışı kazanacağını düşünen öğrenciler ile cinsiyet değişkeni arasında her üç soru için de anlamlı bir fark bulunmamıştır (Birinci soru için;  $\chi^2 = 1.280$ ,  $p > .05$ , ikinci soru için;  $\chi^2 = 0.880$ ,  $p > .05$ , üçüncü soru için;  $\chi^2 = 0.046$ ,  $p > .05$ )



### 3. Eşit kütleli araçlarda düzeneklerde, taşınan yükün çeken veya çekilen araç üzerinde olmasının yarışa etkisi

Bliss (2008) öğrencilerin fiziksel dünyada hareketi anlamak için geliştirdikleri şemalardan birini “*Bir nesnenin başka bir nesne üzerinde veya içerisinde taşınması*” olarak belirtmiştir. Yapmış olduğumuz araştırmada kullanılan YSS’de yer alan birinci ve ikinci sorularda (bakınız Tablo 1) toplam kütleleri eşit olan; fakat ek bir yükün çeken (kamyon) veya çekilen (vagon) hareketlinin üzerinde olduğu durum söz konusudur. Öğrencilerden beklenen doğru cevap, yükün çeken veya çekilen araç üzerinde olmasının sistemin toplam kütlelerini değiştirmeyeceği için birinci soruda B ile C ve ikinci soruda ise A ile B araçlarının yarışı eş zamanlı olarak bitireceği yönündedir. Öğrenci cevapları kodlanırken yukarıda belirtilen doğru cevap dikkate alınmış ve yükün yeri “önemlidir”, “önemsizdir” olmak üzere iki kategori altında kodlanmıştır. Daha sonra “önemsiz” kategorisindeki cevaplar kendi arasında yükün arkada veya önde olması durumunda araçların daha önce yarışı bitireceği göz önüne alınarak kodlanmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 5’de verilmektedir.

**Tablo 5. Birinci ve ikinci soruda yükün önde veya arkada olması durumuna göre yarış sonucu**

Sınıf		Yükün Yeri...							
		1. Soru				2. Soru			
		Önemsizdir		Önemlidir		Önemsizdir		Önemlidir	
		K	E	K	E	K	E	K	E
6. sınıf	N	26	18	84	77	39	35	71	60
	%	13	9	41	37	19	17	35	29
7. sınıf	N	18	22	122	120	67	55	74	87
	%	6	8	43	43	24	19	26	31
8. sınıf	N	25	24	99	90	55	52	69	60
	%	10	10	42	38	23	236	22	30
Toplam	N	69	64	305	287	299	291	77	58
	%	18.3		81.7		81.4		18.6	

Birinci soruda B ile C aracının yarışı eşit zamanda tamamlayacağını tahmin eden öğrencilerin oranı sadece % 18’dir. İkinci soruda A ile B aracının yarışı eş zamanlı tamamlayacağını tahmin edenlerin oranı ise % 42’dir. Buna karşın birinci soruda öğrencilerin % 82’si ikinci soruda ise % 58’i yükün çeken veya çekilen aracın üzerinde olması durumuna göre hareketin değişeceğini öngörmüş ve yarış tahminini bu doğrultuda yapmıştır. Bu bulgu, öğrencinin sadece kütle miktarını önemsemediğini kütlelinin eşit olduğu durumda araçlar üzerinde yük taşınmasına ilişkin şemayı harekete geçirdiğini ortaya koymaktadır.

Yükün yerini önemseyen öğrencilerin cevapları incelendiğinde yer ortamında geçen birinci soruda 592 öğrenciden 349'unun (% 59) yükün çekici araç üzerinde olması durumunda daha hızlı gideceğini belirtmiştir. Uzay ortamında geçen soruda ise 592 öğrenciden 243'ünün (% 41) yükün çekilen araç üzerinde olması durumunda daha hızlı gideceğini belirttikleri görülmüştür. Uzay ortamında geçen yarış probleminde yükün yerini önemsemeyenlerin sayısı ilk soruya kıyasla artmıştır (% 18'e karşılık % 41,9). Bu oranın başlıca nedeni öğrencilerde uzay söz konusu olduğunda kütleliğin önemsizliğine vurgu yapmalarıdır. Yine de öğrencilerin bu soruda da büyük çoğunlukla toplam kütle aynı olsa da yükün yerini dikkate aldıkları görülmektedir. Sonuç olarak, hareketliğin toplam kütleleri aynı olsa bile öğrenciler için yükün çeken araç ya da çekilen araç üzerinde olması yarışın sonucunu belirlemede etkili olduğu görülmüştür.

Ki-kare bağımsızlık testi ile birinci ve ikinci sorularda toplam kütlesi eşit olan araçlarda yükün çeken veya çekilen araç üzerinde olmasını önemseyen ve önemsemeyen öğrenciler ile bu öğrencilerin sınıf düzeyleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (birinci soru için:  $\chi^2=5.584$ ,  $p>.05$ ; ikinci soru için:  $\chi^2=0.869$ ,  $p>.05$ ). Diğer taraftan hem birinci hem de ikinci soruda cinsiyet değişkeni ile öğrencilerin yükün yerini önemseyip önemsememeleri arasında anlamlı bir fark olmadığı da bulunmuştur (birinci soru için:  $\chi^2=0.976$ ,  $p>.05$ ; ikinci soru için:  $\chi^2=0.074$ ,  $p>0.05$ ).

#### 4. Eşit kütleli araçların tek veya bölünmüş olarak yarışmasının sonuca etkisi

Eşit kütleli araçların yarışması durumunda araçların parça sayılarına odaklanan öğrenciler ile sınıf düzeyleri arasındaki farklar Ki-kare Bağımsızlık testi kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda parça sayısını önemseyen ve önemsemeyen öğrencilerin sınıf düzeyleri ve öğrencilerin cinsiyetlerine göre dağılımları aşağıda Tablo 6'da verilmiştir. Buna göre kütlesi eşit olup parça sayısı farklı olan araçların yarışında parça sayısını dikkate alan öğrenciler ile öğrencilerin sınıf düzeyleri arasında 0.01 anlamlılık düzeyinde bir fark olduğu görülmüştür. ( $\chi^2=13.921$ ,  $p<.01$ ). Eşit kütleli araçların parça sayısını dikkate alan öğrencilerin yüzdelik oranları 6. ve 7. sınıf öğrencilerinde birbirine yakinken (%70.6-%73.1), bu oranın 8. Sınıf öğrencilerinde daha düşük (%58.5) olduğu görülmektedir. Buna karşın cinsiyetleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $\chi^2=0.086$ ,  $p>.05$ ).

**Tablo 6. Eşit kütleli araçların parça sayısını önemseyen ve önemsemeyen öğrencilerin sınıf düzeylerine göre dağılımları**

Sınıf		Araçların parça sayısını			
		Önemseyenler		Önemsemeyenler	
		K	E	K	E
6. sınıf	N	76	66	32	27
	%	38	33	16	13

Sınıf		Araçların parça sayısını			
		Önemseyenler		Önemsemeyenler	
		K	E	K	E
7. sınıf	N	109	98	36	40
	%	39	35	12	14
8. sınıf	N	73	68	53	47
	%	30	28	22	20
Toplam	N	258	232	121	114
	%	67.6		32.4	

### 5. Eşit kütleli düzeneklerde çeken ve çekilen arası uzaklığın yarışa etkisi

Toplam kütlelinin eşit olduğu durumda çekilen aracın (vagonun) çeken araca (kamyonu) yakınlığının öğrenciler için önemli olup olmadığını anlamak için beşinci soruda A ve D araçlarının nasıl sıralandığına bakılmıştır. A ve D araçlarının toplam kütleleri birbirine eşit olup çeken ve çekilen araç arasındaki mesafe birbirinden farklıdır. A durumunda vagon kamyonu uzakken, D durumunda vagon kamyonu daha yakın mesafeden bağlanmıştır (bakınız Ek-1). A ile D aracının yarışı eş zamanlı bitireceğini belirten öğrencilerin çözümleri çeken araca yakınlık “önemsizdir”; diğerleri ise “önemlidir” kategorisi altında kodlanmıştır. Daha sonra “önemsizdir” kategorisi altındaki cevaplar hangi durumun yarış için daha avantajlı olduğu dikkate alınarak tekrar kodlanmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 7’de verilmektedir.

**Tablo 7. Beşinci soruda öğrenci cevaplarının çekilen aracın çeken araca yakınlığına göre durumu**

Sınıf		Çeken araca yakınlık			
		Önemlidir		Önemsizdir	
		K	E	K	E
6. sınıf	N	92	79	14	15
	%	46	40	7	7
7. sınıf	N	113	97	29	37
	%	41	35	11	13
8. sınıf	N	97	77	20	36
	%	42	33	8	17
Toplam	N	302	253	63	88
	%	78.6		21.4	

Elde edilen bulgular, öğrencilerin araçlar arasındaki mesafeyi önemseydiği yönündedir. Öğrencilerin sadece %21,4’ü A aracı ile D aracını sıralamada eşit olarak göstermişlerdir. Geri kalan 555 öğrencinin çözümü incelendiğinde 422 öğrenci vagonun kamyonu

daha yakın olduğu durumda aracın daha hızlı harekete edeceğini belirtmiştir. Diğer 133 öğrenci ise tam tersi bir durumu savunmuş ve vagonun kamyona yakın olduğu durumda aracın daha yavaş olacağını ifade etmişlerdir.

Araçların kütlelerinin eşit olması durumunda çekilen aracın çeken araca yakınlığını dikkate alan ve almayan öğrencilerin sınıf düzeyleri ile aralarında fark olup olmadığı ki-kare bağımsızlık testi uygulanarak araştırılmıştır. Test sonucunda ise anlamlı bir fark olduğu bulunmuştur ( $\chi^2 = 7.55, p < .05$ ). Buna göre altıncı sınıf öğrencilerinin %97'si yarışta çekilen aracın çeken araca yakınlığını dikkate alırken bu yedinci Sınıflarda %92'ye sekizinci sınıflarda da %90'a düşmüştür. Bu durum öğrencilerin sınıf düzeyleri arttıkça bu değişkeni dikkate alma yüzdelerinin düşmüş olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan öğrencilerin çekilen aracın çeken araca yakınlığını önemseyip önemsememe durumları ile cinsiyetleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $\chi^2 = .062, p > .05$ ).

### 6. Eşit kütleli araçlarda marka ve modellerinin yarış sonucuna etkisi

Bu sorunun analizi için farklı model araçların yarıştığı 3. sorudaki öğrenci cevapları analiz edilmiştir. 3 farklı durumun bulunduğu 3. soruda A durumunda otomobil, B durumunda minibüs, C durumunda ise son model bir yarış arabası şekli bulunmaktadır. Öğrencilere motor tarafından uygulanan itme kuvvetinin ve üç aracın kütlelerinin eşit olduğu belirtilmiştir. Bu konudaki öğrenci cevapları Tablo 8' de verilmiştir.

**Tablo 8. Üçüncü sorudaki öğrenci cevaplarının araçların şekline göre durumu**

Sınıf		Sıralama ölçütü			
		Kütle miktarı (A=B=C)		Araç algısı	
		K	E	K	E
6. sınıf	N	14	25	95	70
	%	7	12	47	34
7. sınıf	N	28	48	117	95
	%	10	17	40	33
8. sınıf	N	51	57	76	59
	%	21	24	31	24
Toplam	N	93	130	288	224
	%	30.3		69.7	

Tablo 8'deki veriler öğrencilerin sadece % 30,3'ünün yarışan araçların fiziki özelliklerine ilişkin günlük hayattaki algılarına bakmaksızın kütle miktarlarını dikkate almış ve kütleleri eşit olduğu için üç aracında yarışı eş zamanda bitireceklerini belirtmiştir. Diğer öğrencilerse (% 69,7) kütle miktarını ve araçların motorlarının özdeş itme kuvveti uyguladığını dikkate almamıştır.

Kütlesi eşit olan araçların yarışında modeli dikkate alan ve almayan öğrenciler ile sı-

nıf düzeyleri arasındaki fark araştırılmıştır. Ki-kare bağımsızlık testi sonucunda kütleli eşit araçların yarışında araç modelini önemsemeyen öğrenciler ile bu öğrencilerin sınıf düzeyleri arasında anlamlı bir fark olduğu ortaya çıkmıştır ( $\chi^2=37.156, p<.01$ ). Diğer taraftan kütleli eşit olan araçların yarışında araç modelini dikkate almayan öğrenciler ile cinsiyetleri arasında kız öğrencilerin lehine anlamlı bir fark olduğu ortaya çıkmıştır ( $\chi^2=13.165, p<.01$ )

### 3. Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, yatay düzlemde yarışan düzenekler için yarış sonucunu tahmin etmeye çalışan ortaokul öğrencilerinin kütleliyi nasıl anlamlandıkları araştırılmıştır. Araştırmada elde edilen bulgular öğrencilerin araçların kütle miktarını yarış tahmininde tek ölçüt olarak kullanmadıklarını ve hareket ile kütle miktarları arasında bazı şemaları geliştirdikleri ortaya koymuştur.

Öğrenciler, kütleli en az olan aracın yarışı kazanacağını tahmin etmektedir; fakat bu olgu, kütleli diğerlerinden daha az olan sadece bir araç olması durumunda geçerli olmaktadır. Beşinci soru örneğinde olduğu gibi iki aracın kütlelerinin birbirine eşit olup diğerlerinden daha az olduğu durumda “*Kütleli hafif olan araç daha hızlıdır.*” şeması işlevselliğini yitirmektedir. Öğrencilerin cinsiyeti ile bu olgu arasında anlamlı fark bulunamamıştır. Sınıf düzeyi ile bu olgu arasında sadece birinci soruda 6. sınıf seviyesinde anlamlı bir fark bulunmuştur. Altıncı sınıf öğrencileri yedinci sınıf öğrencilerine göre daha fazla oranda kütleli en az olan aracın yarışı kazanacağını tahmin etmişlerdir. Bu durum yedinci sınıf düzeyinde öğrencilerin karşılaştığı eğik düzlem hareketinde “*Kütleli daha büyük olan cisimler daha hızlıdır.*” şeklinde öğrendikleri şemanın etkisi ile açıklanabilir.

Yarışan iki aracın kütlelerinin eşitliği durumunda öğrencilerin araçların taşıdıkları yükün çeken veya çekilen araç üzerinde olmasını önemsedikleri görülmüştür. Bu bulgu ile öğrencilerin sınıf düzeyi ve cinsiyetleri arasında anlamlı bir farka rastlanmamıştır. Bu durumu önemseyen öğrencilerin %59’u yükün çekici araç üzerinde olması durumunda daha hızlı gideceğini belirtmiştir. Uzay ortamında geçen yarış probleminde yükün yerini önemsemeyenlerin sayısı yer ortamındaki soruya kıyasla artmıştır (%18’e karşılık %41,9). Bu artış öğrencilerin uzay söz konusu olduğunda kütlelinin önemsizliğine vurgu yapmaları şeklinde yorumlanabilir.

Araştırma sonucunda elde edilen bulgular, eşit kütleli farklı sayıda parçadan oluşan araçların yarışması durumunda öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun (%67,6) araçların kütlelerinin dağılımını önemsediklerini göstermektedir. Öğrencilerin sınıf düzeyleri ile kütle dağılımını önemseme durumu arasında anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir. Buna göre sınıf seviyesi arttıkça öğrenciler eşit kütleli araçların parça sayıları farklı bile olsa yarışı aynı sürede biteceğini tahmin etmektedir. Eşit kütleli tek parçadan oluşan aracın iki veya daha fazla parçadan oluşan araca göre daha yavaş olacağını düşünen öğrencilerin oranı %27,2; tam tersini düşünen öğrencilerin oranı ise %16 olarak bulunmuştur.

Diğer taraftan, öğrencilerin yarış tahmininde bulunurken eşit kütleli araçlarda çeken ve çekilen araç arasındaki mesafenin yarış sonucuna etkisi olduğunu düşündükleri görülmüştür. Buna göre öğrencilerin sınıf düzeyleri arttıkça çeken ve çekilen arası mesafeyi dikkate alma yüzdelerinin düşmüş olduğu gözlenmiştir. Aristoteles'in nedensellik ilkesinde bir hareketin meydana gelebilmesi için bir nedene gerek vardır. Aristoteles bunu etken neden (causa efficiens) olarak adlandırmıştır (Aristote, çev. Barthélemy-Saint-Hilaire, 1862, s. 5). Ogborn (1993) nedenselliğin teorik ve deneysel boyutlarını tartışmakta, Tiberghien (2004) ise fen eğitimindeki önemini ve kullanımını açıklamaktadır. Buna göre nedensellik ve fiziksel dünyada kişisel deneyimler arasındaki ilişkinin oluşmasında etken (agent) ve edilgenlerin (patient) rolü söz konusudur. Burada etken olan çeken araçlar olup edilgen rolde olanlar ise vagon gibi çekilen araçlardır. Gerçekleştirilen araştırma etken ve edilgen unsurların yakınlığının araçların hareketinde önemini açık şekilde ortaya koymuştur.

Yapılan araştırma ortaokul öğrencilerinde kütle ve sürat ilişkisine odaklanarak gerçekleştirilmiş ve Hareketin Genel Duyu Kuramı'nda daha önce tartışılmamış olan şemaları tanımlamaya olanak sunmuştur. Bu çalışmada sadece ortaokul öğrencilerinin yatay düzlemde yarışan düzeneklerin, yarış sonucunu tahmin etmede kullandıkları şemalar ve bu şemaların geçerlik bölgeleri araştırılmıştır. Aynı soru seti kullanılarak lise ve üniversite öğrencilerinin benzer şemalar kullanıp kullanmadıkları araştırılabilir. Hatta soru seti 9-11 yaş grubu öğrencileri için uyarlanarak, farklı yaş gruplarına bağlı olarak şemaların kullanımı kıyaslanabilir. Elde edilen bulgular Hareketin Genel Duyu Kuramı çerçevesinde yapılan diğer çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılabilir.

Gerçekleştirilen bu araştırma nicel araştırma yöntemlerinden ilişkisel tarama deseni-ne uygun olarak yapılmıştır. Öğrenciler tarafından kullanılan şemalardaki bilgi yapılarının detaylı analizi nitel olarak analiz edilebilir. Böylece öğrencilerin yarış probleminde kütle ilişkisini anlamlandırmada, Teorik nitelikli bilgi yapısı (Ioannides ve Vosniadou, 2002; Chi, 2005) veya Parça nitelikteki bilgi yapısında (diSessa, Gillespie ve Esterly, 2004) olup olmadıkları ortaya konulabilir.

Yarış problemleri öğrencilerin kinematik ve dinamik unsurları günlük hayattan edindiği bilgiler ile rahatlıkla tartışıp anlamlandırabileceği problemlerdir. Bu nedenle öğrencilerin sahip oldukları kavram yanılgılarını ortaya koymada etkili bir araç olduğu düşünülmektedir. Yapılan bir çalışmada (Yavuz ve Temiz, 2014) öğrencilerin uzay ortamında ve yer ortamında yarışan araçların hareketlerini incelemede farklı stratejiler geliştirdikleri ve uzayda Newton'un ikinci yasaının geçerli olmadığını belirttikleri görülmüştür. Diğer taraftan yarış problemlerinin sınıf içi tartışmalarda öğretmenler tarafından rahatlıkla kullanılabilmesi bir etkinliktir (Baykal, 2014).

#### 4. Kaynaklar

- Aristote. (1862). *Physique d'Aristote, ou Leçons sur les principes généraux de la nature / traduite en français pour la première fois et accompagnée d'une paraphrase et de notes...* par J. Barthélemy-Saint-Hilaire, A. Durand, Ladrangé (Paris).
- Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique: contribution à une psychanalyse de la connaissance*. Vrin
- Baykal, B. (2014). Fen ve Teknoloji dersi öğretmenlerinin sınıf içi iletişim ve etkileşimlerinin analizi: Diyalojik ve otoriter tartışmalar. Yayınlanmamış Yüksek Lisans tezi, Niğde Üniversitesi, Niğde.
- Bliss, J. (2008). Commonsense reasoning about the physical world. *Studies in Science Education*, 44(2), 123–155. doi:10.1080/03057260802264149
- Bovet, M., ve Halbwachs, F. (1980). Le poids et la masse en classe de sixième. *Revue Française de Pédagogie*, 53(1), 4–18.
- Brown, D., ve Clement, J. (1992). Classroom teaching experiments in mechanics. *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*, 380–397.
- Buckingham, D., ve Shultz, T. R. (2000). The developmental course of distance, time, and velocity concepts: A generative connectionist model. *Journal of Cognition and Development*, 1(3), 305–345.
- Büyüköztürk Ş, Kılıç Çakmak E, Akgün Ö E, Karadeniz Ş, Demirel F (2009). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri*. Pegem Akademi. Ankara.
- Carey, S. (2000). Science education as conceptual change. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1), 13–19.
- Chi, M. T. H. (2005). "Commonsense Conceptions of Emergent Processes: Why Some Misconceptions are Robust". *The Journal of the Learning Sciences*. 14(2): 161-199.
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50(1), 66–71.
- Clement, J. (1994). Imagistic simulation and physical intuition in expert problem solving. In *Proceedings of the 16th annual conference of the Cognitive Science Society* (pp. 201–206).
- diSessa, A. A. (1993). Toward an Epistemology of Physics. *Cognition and Instruction*, 10(2/3), 105–225. doi:10.2307/3233725
- diSessa, A.A., Gillespie, N., & Esterly, J. (2004). Coherence versus Fragmentation in the Development of the Concept of Force. *Cognitive Science*. 28: 843-900.
- Galili, I. (1993). Weight and gravity: teachers' ambiguity and students' confusion about the concepts. *International Journal of Science Education*, 15(2), 149–162.
- Galili, I. (1995). Interpretation of students' understanding of the concept of weightlessness. *Research in Science Education*, 25(1), 51–74.
- Galili, I. (2001). Weight versus gravitational force: Historical and educational perspectives. *International Journal of Science Education*, 23(10), 1073–1093. doi:10.1080/09500690110038585
- Galili, I. (2001). Weight versus gravitational force: Historical and educational perspectives. *International Journal of Science Education*, 23(10), 1073–1093. doi:10.1080/09500690110038585
- Givry, D. (2003). Le concept de masse en physique: quelques pistes à propos des conceptions et des obstacles. *Didaskalia*, 22, 41–67.

- Gönen, S. (2008). A study on student teachers' misconceptions and scientifically acceptable conceptions about mass and gravity. *Journal of Science Education and Technology*, 17(1), 70–81.
- Halbwachs, F. (1979). Le poids et la masse : À propos des nouveaux programmes de sixième. *Bulletin de l'Union Des Physiciens*, 73(613), 869–873.
- Hallouna, I. A., ve Hestenes, D. (1985a). Common sense concepts about motion. *Am. J. Phys.*, 53(11), 1056–1065.
- Halloun, I. A., ve Hestenes, D. (1985b). The initial knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics*, 53(11), 1043–1055.
- Hast, M., ve Howe, C. (2012). Understanding the beliefs informing children's commonsense theories of motion: the role of everyday object variables in dynamic event predictions. *Research in Science ve Technological Education*, 30(1), 3–15.
- Hast, M., ve Howe, C. (2013). The Development of Children's Understanding of Speed Change: A Contributing Factor Towards Commonsense Theories of Motion. *Journal of Science Education and Technology*, 22(3), 337–350. doi:10.1007/s10956-012-9397-5
- Hast, M., ve Howe, C. (2013). Towards a Complete Commonsense Theory of Motion: The interaction of dimensions in children's predictions of natural object motion. *International Journal of Science Education*, 35(10), 1649–1662.
- Heurtaux, J. (1978). A propos de“ masse inerte” et“ masse de gravité.” *Revue Française de Pédagogie*, 45(1), 37–43.
- Hewitt, P. G. (2009). *Conceptual physics*. Pearson Addison Wesley.
- Howe, C. (2002). *Conceptual Structure in Childhood and Adolescence: The Case of Everyday Physics*. Routledge.
- Ioannides, C., Vosniadou, S. (2002). The Changing Meaning of Force. *Cognitive Science Quarterly*. (2): 5-61.
- Karasar N (2011). *Bilimsel Araştırma Yöntemi*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- McCloskey, M., Washburn, A., ve Felch, L. (1983). Intuitive physics: The straight-down belief and its origin. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 9(4), 636.
- McDermott, L. C. (1984). Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics Today*, 37, 24.
- Mullet, E., ve Gervais, H. (1990). Distinction between the concepts of weight and mass in high school students. *International Journal of Science Education*, 12(2), 217–226. doi:10.1080/0950069900120210
- Ogborn, J. (1993). Approches théorique et empirique de la causalité. *Didaskalia*, (1), 29–47.
- Piaget, J. (1957). Les notions de vitesse, d'espace parcouru et de temps chez l'enfant de cinq ans. *Enfance*, 10(1), 9–42. doi:10.3406/enfan.1957.1340
- Serway, R. A., ve Jewett, J. W. (2009). *Physics for Scientists and Engineers, Volume 1, Chapters 1-22 (8th ed.)*. Brooks Cole.
- Sherin, B. L. (2001). How students understand physics equations. *Cognition and Instruction*, 19(4), 479–541.
- Tiberghien, A. (2004). Causalité dans l'apprentissage des sciences. *Intellectica*, 38(1), 69–102
- Temiz, B. K., & Yavuz, A. (2014). Students' misconceptions about Newton's second law in outer space. *European Journal of Physics*, 35(4), 045004. doi:10.1088/0143-0807/35/4/045004



## EXTENDED ABSTRACT

*This study aims to investigate how middle school students perceive the relationship between mass of vehicles and their speed on a horizontal plane. Students' schemes constructed from daily life observations for abstract concepts such as the concept of mass was investigated. Then differences between schemes and variables including level of class and gender were analyzed. In this context this study will contribute Commonsense Theory of Motion.*

*Data of this study was collected with Race Questions Set (RQS) developed by authors. Race Question Set including five open-ended questions and developed by researchers were administrated in 2011-2012 academic years to 738 middle school students in Nigde province.*

*Details of data analysis are given in the table below.*

Analysis	Analysis Method	Questions
1. Is mass a single criterion in race prediction?	Coding in right-wrong axis	All questions in RQS
2. Distribution of students' scores according to grade level and gender	Scoring of students' answers (30 point max.) -Mann-Whitney U test	All questions in RQS
3. Effect of lighter mass on race result	Is vehicle of least mass is winner? -Descriptive analysis -Chi-square test of independence	1,2 and 5
4. effect of load on truck or trailer on race result	Investigate if the fact that a load on the truck or trailer is important -Descriptive analysis -Chi-square test of independence	1 and 2
5. Effect of number of part of vehicles on race result	Investigate if the fact that number of part of vehicle is important. --Descriptive analysis -Chi-square test of independence	4
6. Effect of distance between truck and trailer on race result	Investigate if the fact that distance between truck and trailer is important. --Descriptive analysis -Chi-square test of independence	5
7. Effect of car brand on race result	Investigate if the fact that car brand is important. --Descriptive analysis -Chi-square test of independence	3

### *Findings;*

*1. Mass is not a single criterion to predict race result: When investigating students' answers in right-wrong axis, it is showed that students did not correctly responded to RQS questions and theirs achievements were too low. If students consider the mass as single criterion, they would correctly answer. Therefore, it can be concluded that students use criteria other than mass for predicting race results.*

*2. Distribution of students' scores according to grade level and gender: Mann-Whitney U test indicated that there are no significant differences between gender and students' scores in questions 1, 2, 4 and 5. However, we founded that there is a significant difference between*

gender and students' scores in 3th question. In 3th question, while female students predicted race results according to mass of vehicles, male students did not answer according to mass of vehicles, but rather with perceptions of vehicles. On the other hand, we found that there are significant differences between grade level and students' scores in all question except 2<sup>nd</sup> questions.

3. *Vehicle that has the least mass wins the race:* For this assertion, it was focused on 1, 2 and 5th questions. We found that there is no significant difference between grade levels and students who indicated that vehicle that has the least mass win the race in 2nd and 5th questions (for 2nd question  $\chi^2 = 5.652$ ,  $p > .05$ ; for 5th question  $\chi^2 = 2.978$ ,  $p > .05$ ). However, there is a significant difference between grade levels and students who indicated that vehicle that has the least mass win the race in first question in favor of 6th and 8th grades students ( $\chi^2 = 9.567$ ,  $p < .01$ ).

4. *The fact that transportation of load on truck or trailer is important to predict race result:* It was focused on first and second question for investigating this assertion. It was found that there is no significant difference between grade levels and students who considered that transportation of load on truck or trailer is important to predict race result (For first question  $\chi^2 = 5.584$ ,  $p > .05$ ; for second question  $\chi^2 = 0.869$ ,  $p > .05$ ). It was also found that there is no significant difference between gender and students who considered that transportation of load on truck or trailer is important to predict race (for first question  $\chi^2 = 0.976$ ,  $p > .05$ ; for second question  $\chi^2 = 0.074$ ,  $p > .05$ ).

5. *The fact that number of part of vehicles is important to predict race result:* It was focused on 4th question for this analysis. It was showed that students focused on part of vehicles rather than total mass of vehicles. It was found that there is a significant difference between grade levels and students who considered that number of part of vehicles is important to predict race result in favor of 8th grade students ( $\chi^2 = 13.921$ ,  $p < .01$ ). Otherwise, there was no significant difference between gender and students who considered that number of part of vehicles is important to predict race result ( $\chi^2 = 0.086$ ,  $p > .05$ ).

6. *The fact that distance between truck and trailer is important to predict race result:* The findings showed that distance between truck and trailer is important to predict race result. It was found that there was a significant difference between grade levels and students who considered that distance between truck and trailer is important ( $\chi^2 = 7.55$ ,  $p < .05$ ). On the other hand there was no significant difference between gender and students who considered that distance between truck and trailer is important ( $\chi^2 = .062$ ,  $p > .05$ ).

7. *The fact that car brand is important rather than mass of vehicles:* It was found that there was a significant difference between grade levels and students who considered car brand is important rather than mass of vehicle ( $\chi^2 = 37.156$ ,  $p < .01$ ). It was also found that there was a significant difference between gender and students who considered car brand is important rather than mass of vehicle in favor of female students.

The findings of this study showed that students consider not only the mass of vehicles but also other criteria in the case of equality of masses for predicting race results. This study indicated that students take into account mass a lot more when the grade level increases. Therefore, it is essential to investigate schemes we identified in this study among high school and college students.