FİZİK

11. SINIF

YAZILIYA HAZIRLIK

1. DÖNEM - 1. ORTAK YAZILI · SENARYO 2 · 2. SÜRÜM

TYMM 2026-2027

Hazırlayan: **Murat Altun**

Bu sorular Claude tarafından hazırlanmıştır.

1. Bir lunaparktaki serbest düşme kulesinde yolcu gondolu kulenin tepesinden ilk hızsız bırakılmakta ve frenler devreye girene kadar serbest düşmektedir. Yıllık güvenlik denetiminde gondol önce boş, sonra her koltuğa yetişkin kütlesinde bir test mankeni konarak bırakılmış; konumu kulenin tepesindeki lazer mesafe ölçerle her 0,2 saniyede bir kaydedilmiştir. İlk 1 saniyenin kayıtları tabloda verilmiştir. Bu sürede raylardaki sürtünme ve hava direnci ihmal edilebilecek kadar küçüktür.

Zaman (s)	**0**	**0,2**	**0,4**	**0,6**	**0,8**	**1,0**
Boş gondolun bırakılma noktasından uzaklığı (cm)	0	19,6	78,4	176,4	313,6	490,0
Dolu gondolun bırakılma noktasından uzaklığı (cm)	0	19,6	78,5	176,3	313,6	490,1

Buna göre aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1.1. Boş gondolun her 0,2 s'lik aralıkta ne kadar yol aldığını bulunuz. Her aralıkta alınan yolun ilk aralıktaki yolun kaç katı olduğunu ve bir aralıktan sonrakine geçerken yolun ne kadar arttığını belirleyiniz. (5 puan)

1.2. Boş gondolun her aralıktaki ortalama hızını bulunuz ve bu hızlardan yararlanarak gondolun hızının her 0,2 s'de ne kadar değiştiğini belirleyiniz. Gondolun ivmesini büyüklüğü ve yönüyle hesaplayınız. (6 puan)

1.3. Dolu ve boş gondolun kayıtlarını karşılaştırarak önceki bulgularınızla birlikte serbest düşen cisimlerin ivmesine ilişkin bir genelleme yapınız. Frenler bırakılma anından 1,2 s sonra devreye girdiğine göre gondolun o anda bırakılma noktasından ne kadar uzakta olacağını tahmin ediniz. (5 puan)

2. Bir kask üreticisinin mühendisleri, kaskların darbe dayanımını sınayacak bir test düzeneği tasarlamaktadır. Düzenekte, içinde yapay bir baş bulunan kask düşey kılavuz raylar boyunca ilk hızsız bırakılmakta ve alttaki çelik örse çarpmaktadır. Mühendisler düzeneği kurmadan önce g = 10 m/s² alıp hava direncini ve ray sürtünmesini ihmal ederek iki veri seti hazırlamıştır: Tablo 1'de farklı yükseklikler için düşme süreleri ve çarpma hızları, Tablo 2'de 0,8 m'den bırakılan kaskın her 0,1 saniyedeki konumu ve hızı vardır. Tablo 2'de konumlar kaskın bırakıldığı noktaya göre verilmiş (y = 0), yukarı yön pozitif (+) alınmıştır. Bazı değerler boş bırakılmıştır.

Tablo 1

Veri seti	I	II	III
Düşme yüksekliği (m)	0,8	1,8	3,2
Düşme süresi (s)	0,4	0,6	…
Örse çarpma hızının büyüklüğü (m/s)	4	…	8

Tablo 2 (0,8 m yükseklikten bırakılan kask)

Zaman (s)	0	0,1	0,2	0,3	0,4
Konum, y (m)	0	−0,05	…	−0,45	−0,80
Hız, v (m/s)	0	−1	−2	…	−4

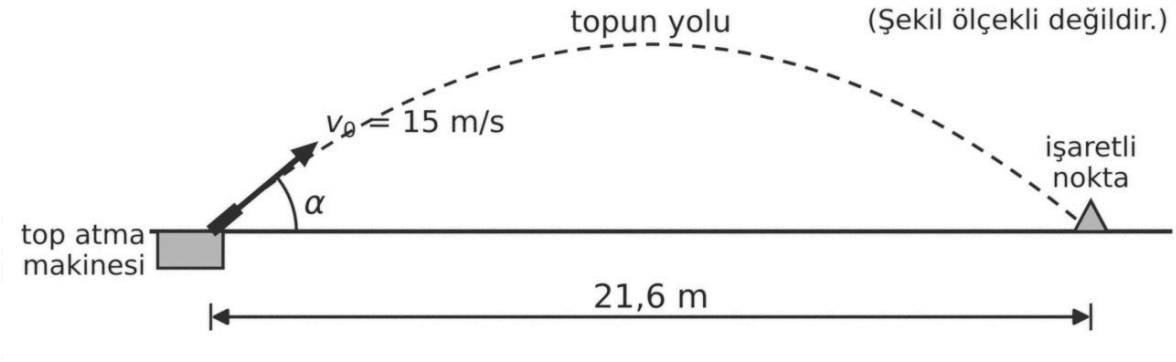
Buna göre aşağıdaki soruları cevaplayınız.

2.1. Serbest düşmeye ait matematiksel modelleri kullanarak tablolardaki eksik değerleri bulunuz. Tablo 2'den yararlanarak kaskın her 0,1 s'lik aralıktaki ivmesini hesaplayınız. (5 puan)

2.2. Tamamladığınız Tablo 2'yi kullanarak kaskın düşüşüne ait konum-zaman, hız-zaman ve ivme-zaman grafiklerini (0-0,4) s aralığı için çiziniz. (6 puan)

2.3. Mühendislerden Defne "Kaskın örse 4 kat büyük hızla çarpmasını istiyorsak düşme yüksekliğini 4 katına çıkarmamız yeterlidir.", Arda ise "Tablo 2'ye göre çizilen hız-zaman grafiği ile zaman ekseni arasında kalan alan, kaskın düştüğü yüksekliğe eşittir." demiştir. Tablolardaki değerleri kanıt göstererek iki mühendisin görüşünün doğru olup olmadığını tartışınız. (5 puan)

3. Bir futbol kulübünün antrenmanlarında kullanılan top atma makinesi, topu 15 m/s hızla fırlatmaktadır. Makinenin namlusu yatayla farklı α açıları yapacak biçimde ayarlanabilmektedir. Antrenörler, makineden 21,6 m uzaktaki işaretli noktaya düşen toplarla çalışmak istemektedir. Tabloda yalnızca α = 45° için yapılan hesaplar yer almaktadır. (Makinenin çıkış ağzını zemin hizasında kabul ediniz. Topun hareketinde hava direncini ihmal ediniz. g = 10 m/s²; sin37° = cos53° = 0,6; cos37° = sin53° = 0,8)



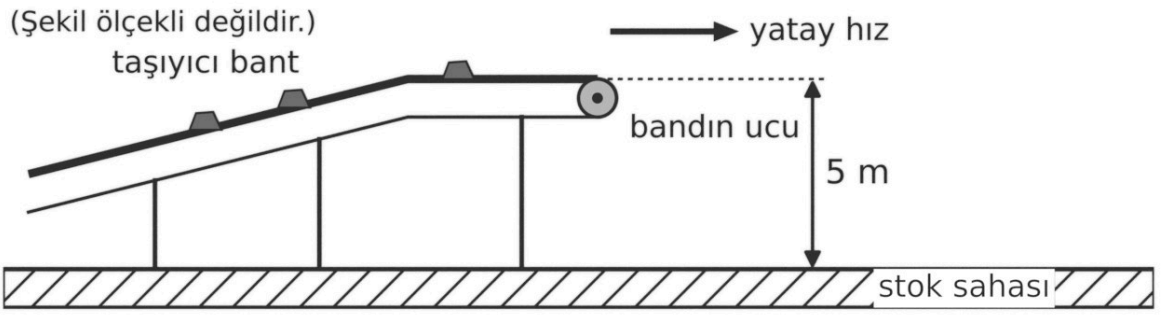
Namlu açısı (α)	Hızın yatay bileşeni (m/s)	Hızın düşey bileşeni (m/s)	Havada kalma süresi (s)	En büyük yükseklik (m)	Yatay uzaklık (m)
37°					
45°	10,6	10,6	2,1	5,6	22,5
53°					

3.1. 37° ve 53° açıları için tablodaki boş hücreleri gerekli hesapları göstererek doldurunuz. (8 puan)

3.2. Tamamlanmış tablonun üç satırını karşılaştırınız: Havada kalma süresi, en büyük yükseklik ve yatay uzaklık, hızın yatay ve düşey bileşenlerinden hangisine ya da hangilerine bağlıdır? Açıklayınız. 37° ve 53° için bulduğunuz yatay uzaklıklardan yola çıkarak aynı büyüklükteki hızla fırlatılan cisimlerin yatay uzaklıklarıyla ilgili bir genelleme yapınız. (5 puan)

3.3. Kaleci antrenörü, yüksek topları karşılama çalışması için topun en az 6 m yükselmesini; savunma antrenörü ise hızlı top karşılama çalışması için topun işaretli noktaya 2 s'den kısa sürede ulaşmasını istemektedir. Topun her iki çalışmada da işaretli noktaya düşmesi gerektiğine göre makinenin her antrenör için tablodaki açılardan hangisine ayarlanması gerektiğini gerekçesiyle açıklayınız. (5 puan)

4. Bir taş ocağında kırılan taşlar, son bölümü yatay olan bir taşıyıcı bantla stok sahasına taşınmaktadır. Bandın ucu, stok sahasının zemininden 5 m yüksektedir. Taşlar bandın ucunu bandın hızıyla ve yatay doğrultuda terk ederek zemine düşmektedir. İşletmenin mühendisi, bant 2 m/s hızla çalışırken uçtan ayrılan 1. taşın ve 3 m/s hızla çalışırken ayrılan 2. taşın konumlarını hesaplayarak tabloya yazmıştır. Uzaklıklar bandın ucundan ölçülmüş, düşey uzaklıklar aşağı doğru alınmıştır. (Taşları noktasal cisim gibi düşününüz. Hava direncini ihmal ediniz. g = 10 m/s²)



Zaman (s)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
1. taşın yatay uzaklığı (m)	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0
2. taşın yatay uzaklığı (m)	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0
1. taşın düşey uzaklığı (m)	0	0,2	0,8	1,8	3,2	5,0
2. taşın düşey uzaklığı (m)	0	0,2	0,8	1,8	3,2	5,0

4.1. Taşların yatay ve düşey doğrultudaki hareketlerini tablodaki verilere dayanarak adlandırınız. Bant hızı arttığında taşların havada kalma süresinin değişip değişmediğini belirleyiniz ve bu süreyi neyin belirlediğini açıklayınız. (5 puan)

4.2. İki taş için (0-1,0) s aralığında hızın yatay bileşeninin ve düşey bileşeninin zamanla değişimini gösteren hız-zaman grafiklerini iki ayrı eksen takımında çiziniz. Grafiklerde yukarı yönü pozitif (+) kabul ediniz. (6 puan)

4.3. Bant en fazla 4 m/s hızla çalışabilmektedir. İş makineleri taşların düşebileceği alana girmesin diye zemine çizilecek güvenlik çizgisinin, bandın ucunun hizasına yatay doğrultuda en az ne kadar uzak olması gerektiğini hesaplayınız. Bandın ucu zeminden 3,2 m yüksekliğe indirilirse bu uzaklığın ne olacağını bulunuz. (5 puan)

5. Bir belediye, şehir içi hatlar için düşündüğü elektrikli otobüsü düz ve yatay bir test yolunda denemiştir. Her denemede durgun hâlden harekete geçen otobüsün 12 m/s (43,2 km/h) hıza ulaşma süresi ölçülmüştür. Yolcu yükü yerine otobüse farklı miktarlarda su bidonu konmuş, otobüsü hızlandıran bileşke kuvvet her denemede sabit tutulmuştur. (Veriler kurgusaldır.)

Deneme	Otobüsün yüküyle birlikte toplam kütlesi (kg)	Hareket yönündeki bileşke kuvvet (N)	12 m/s'ye ulaşma süresi (s)
1	12 000	12 000	12
2	12 000	18 000	8
3	16 000	12 000	16
4	16 000	16 000	12

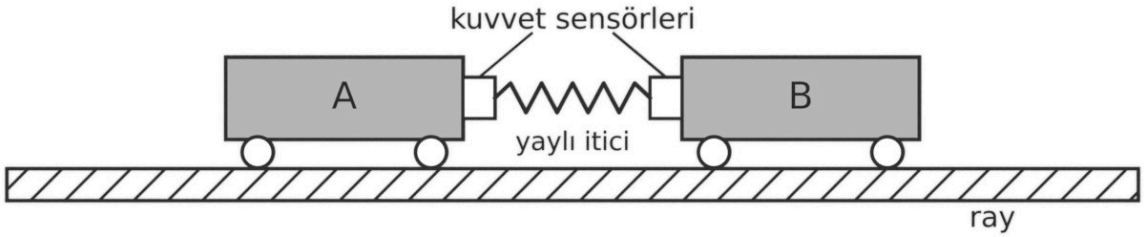
Bilgi: Araştırmalara göre ayakta tutunmadan duran yolcuların dengesini rahatça koruyabilmesi için otobüsün ivmesi yaklaşık 1,0-1,5 m/s²'yi aşmamalıdır.

5.1. Hız değişimini ve süreyi kullanarak her denemedeki ivmenin büyüklüğünü bulunuz. Her deneme için bileşke kuvvetin toplam kütleye oranını da hesaplayarak iki sonucu karşılaştırınız. (6 puan)

5.2. Yalnızca bir niceliğin değiştiği deneme çiftlerini seçerek ivmenin bileşke kuvvetle ve kütleyle ilişkisini ayrı ayrı belirleyiniz; bu ilişkileri Newton'ın II. Hareket Yasası biçiminde genelleyiniz. 1. ve 3. denemelerde otobüsün 12 m/s'ye ulaşana kadar aldığı yolları hesaplayarak karşılaştırınız. (6 puan)

5.3. Otobüs hizmete girdikten sonra bir duraktan harekete geçerken tutunmadan ayakta duran bir yolcunun geriye doğru savrulduğu görülmüştür. Bu olayı Newton'ın I. Hareket Yasası ile açıklayınız. Otobüs 2. denemedeki ivmeyle hızlanırken koltukta oturan 64 kg kütleli bir yolcuyu otobüsle birlikte hızlandıran bileşke kuvvetin büyüklüğünü hesaplayınız ve koltuğun sırt dayanağının yolcuya uyguladığı kuvvetin tepki kuvvetini belirtiniz. (6 puan)

6. Bir fizik laboratuvarında yatay bir rayın üzerinde kütleleri farklı A ve B arabaları durmaktadır. Arabaların birbirine bakan yüzlerinde kuvvet sensörleri, üzerlerinde ivmeölçerler vardır. Arabalardan birine ya da ikisine takılan yaylı itici serbest bırakıldığında arabalar birbirini iterek zıt yönlerde harekete geçmektedir. Üç denemede itme süresince ölçülen ortalama kuvvetler ve ivmelerin büyüklükleri tabloda verilmiştir. Arabalar her denemenin başında durgundur. (Sürtünmeleri ve hava direncini ihmal ediniz.)



Deneme	Yaylı itici	A'daki sensörün gösterdiği değer (N)	B'deki sensörün gösterdiği değer (N)	A'nın ivmesi (m/s²)	B'nin ivmesi (m/s²)
1	Yalnız A'da	4	4	8	5
2	Yalnız B'de	6	6	12	7,5
3	İkisinde de	8	8	16	10

6.1. Öğrencilerden İpek "Yaylı itici hangi arabadaysa o araba diğerini daha büyük kuvvetle iter; iticisi olmayan araba ya hiç kuvvet uygulamaz ya da daha küçük kuvvet uygular." demiştir. Sensör değerlerini kullanarak her denemede arabaların birbirine uyguladığı kuvvetleri büyüklük ve yön bakımından karşılaştırınız ve İpek'in görüşünü değerlendiriniz. Newton'ın III. Hareket Yasası'na yönelik bir genelleme yapınız. (5 puan)

6.2. Her araba için kuvvetin ivmeye oranını üç denemede hesaplayarak bu oranların neyi gösterdiğini belirleyiniz. Aynı kuvvetin iki arabada oluşturduğu ivmeleri de karşılaştırarak kuvvet, kütle ve ivme arasındaki ilişkiyi genelleyiniz. (5 puan)

6.3. 3. denemede arabalar 0,1 s boyunca birbirini itmiş, ardından birbirinden ayrılmıştır. Ayrılma anında iki arabanın hızlarını bulunuz ve bu hızların oranının kütlelerin oranıyla ilişkisini gösteriniz. Ayrıldıktan sonra B arabasının hareketini Newton'ın I. Hareket Yasası ile açıklayınız. (6 puan)

ÖĞRENME ÇIKTILARI VE BECERİLER

SORU NO	ÖĞRENME ÇIKTISI	BECERİLER
1	FİZ.11.1.1. Serbest düşme hareketi yapan cisimlerin ivmesine yönelik tümevarımsal akıl yürütebilme	FBAB10. Tümevarımsal Akıl Yürütme, KB2.14. Yorumlama
2	FİZ.11.1.2. Serbest düşme hareketi ile ilgili kanıt kullanabilme	FBAB12. Kanıt Kullanma, KB2.14. Yorumlama
3	FİZ.11.1.3. İki boyutta sabit ivmeli hareket ile ilgili tümevarımsal akıl yürütebilme	FBAB10. Tümevarımsal Akıl Yürütme, KB2.14. Yorumlama
4	FİZ.11.1.3. İki boyutta sabit ivmeli hareket ile ilgili tümevarımsal akıl yürütebilme	FBAB10. Tümevarımsal Akıl Yürütme, KB2.14. Yorumlama
5	FİZ.11.1.4. Newton'ın Hareket Yasaları ile ilgili tümevarımsal akıl yürütebilme	FBAB10. Tümevarımsal Akıl Yürütme, KB2.7. Karşılaştırma
6	FİZ.11.1.4. Newton'ın Hareket Yasaları ile ilgili tümevarımsal akıl yürütebilme	FBAB10. Tümevarımsal Akıl Yürütme, KB2.7. Karşılaştırma

PUANLAMA TABLOSU						
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**TOPLAM**
16	*16*	*18*	*16*	*18*	*16*	***100***

Bu sınav, 2026-2027 eğitim öğretim yılı 1. dönem konu-soru dağılım tablosundaki 1. ortak yazılı **Senaryo 2** dağılımına göre, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli 11. sınıf öğretim programı esas alınarak hazırlanmıştır. Bu kâğıt, aynı senaryonun 2. sürümüdür: öğrenme çıktıları, soru sayısı ve puanlar 1. sürümle aynı, sorular farklıdır. Hazırlayan: Murat Altun. Bu sorular Claude tarafından hazırlanmıştır. Millî Eğitim Bakanlığının resmî yayını değildir; görseller Blender ile oluşturulmuştur.

ÇÖZÜMLER

1. Doğru cevap:

- 1.1 **(5 puan)**: Ardışık aralıklarda alınan yolları 19,6 cm; 58,8 cm; 98,0 cm; 137,2 cm; 176,4 cm olarak hesaplama (2 puan; en az üçü doğruysa 1 puan). Yolların ilk aralıktaki yolun 1, 3, 5, 7 ve 9 katı olduğunu (oranların 1 : 3 : 5 : 7 : 9 olduğunu) belirleme **(2 puan)**. Bir aralıktan sonrakine geçerken yolun her seferinde 39,2 cm (sabit miktarda) arttığını belirleme **(1 puan)**.
- 1.2 **(6 puan)**: Ortalama hızları $v = \Delta x \div \Delta t$ ile 0,98 m/s; 2,94 m/s; 4,90 m/s; 6,86 m/s; 8,82 m/s olarak hesaplama (2 puan; en az üçü doğruysa 1 puan). Ortalama hızın her 0,2 s'de 1,96 m/s arttığını, yani hızın eşit zaman aralıklarında eşit miktarda değiştiğini belirleme **(2 puan)**. İvmeyi $a = \Delta v \div \Delta t = 1{,}96 \div 0{,}2 = 9{,}8$ m/s² olarak bulma ve yönünün aşağı doğru olduğunu belirtme (2 puan; büyüklük doğru, yön yoksa 1 puan).
- 1.3 **(5 puan)**: Dolu gondolun konumlarının boş gondolunkilerle ölçüm duyarlılığı içinde (en çok 0,1 cm farkla) aynı olduğunu kullanarak hava direncinin ve sürtünmenin ihmal edildiği ortamda serbest düşen cisimlerin ivmesinin sabit olduğunu, cismin kütlesine bağlı olmadığını ve yaklaşık 9,8 m/s² olan yer çekimi ivmesine eşit olduğunu genelleme (3 puan; genellemenin iki unsuru yazılırsa 2, bir unsuru yazılırsa 1 puan). Gondolun t = 1,2 s'deki uzaklığını 490,0 + 215,6 = 705,6 cm (≈ 7,06 m) olarak tahmin etme; 1,0-1,2 s aralığındaki yolu 176,4 + 39,2 = 215,6 cm (ya da 11 · 19,6 cm) bulan ya da $h = ½ \cdot g \cdot t^2 = ½ \cdot 9{,}8 \cdot 1{,}2^2 \approx 7{,}06$ m modelini kullanan cevaplar kabul edilir; g = 10 m/s² alınarak bulunan 7,2 m de kabul edilir **(2 puan)**.

Örnek doğru cevap:

1.1. Aralıklarda alınan yollar: 19,6 − 0 = 19,6 cm; 78,4 − 19,6 = 58,8 cm; 176,4 − 78,4 = 98,0 cm; 313,6 − 176,4 = 137,2 cm; 490,0 − 313,6 = 176,4 cm. Bu yollar ilk aralıktaki 19,6 cm'nin sırasıyla 1, 3, 5, 7 ve 9 katıdır. Bir aralıktan sonrakine geçerken yol her seferinde 39,2 cm artmaktadır.

1.2. Ortalama hızlar 0,196 ÷ 0,2 = 0,98 m/s; 0,588 ÷ 0,2 = 2,94 m/s; 4,90 m/s; 6,86 m/s ve 8,82 m/s'dir. Ortalama hız her 0,2 s'de 1,96 m/s artmaktadır; gondolun hızı eşit zaman aralıklarında eşit miktarda değişmektedir. Sabit ivmeli harekette bir aralıktaki ortalama hız, aralığın ortasındaki anlık hıza eşit olduğundan gondolun ivmesi $a = \Delta v \div \Delta t = 1{,}96 \div 0{,}2 = 9{,}8$ m/s²'dir; ivme aşağı yönlüdür.

1.3. Gondol test mankenleriyle doluyken kütlesi çok daha büyük olduğu hâlde konumları boş gondolunkilerle en çok 0,1 cm farklıdır; bu fark ölçüm duyarlılığı düzeyindedir. Hızın her aralıkta aynı miktarda artması ivmenin düşüş boyunca sabit olduğunu gösterir. Buna göre sürtünmenin ve hava direncinin ihmal edildiği ortamda serbest düşen bütün cisimler, kütleleri ne olursa olsun yaklaşık 9,8 m/s² olan aynı sabit ivmeyle (yer çekimi ivmesiyle) düşer. Bu durumda eşit zaman aralıklarında alınan yollar ardışık tek sayılarla (1, 3, 5, 7, 9, 11 …) orantılıdır. 1,0 s ile 1,2 s arasında alınacak yol 11 · 19,6 = 215,6 cm (176,4 + 39,2) olur. Gondol frenlenmeye başladığında bırakılma noktasından 490,0 + 215,6 = 705,6 cm, yani yaklaşık 7,06 m uzakta olur.

Yanlış cevap: "Gondol her 0,2 s'de eşit yol aldığı için sabit hızla düşer." "Dolu gondol ağır olduğu için boş gondoldan daha büyük ivmeyle düşer." ya da "Gondol hızlandıkça ivmesi de artar." gibi ifadeler ilgili ölçütten puan alamaz. Yolları konumlarla karıştırarak oranı 1 : 4 : 9 : 16 : 25 olarak yazan cevap 1.1'in oran ölçütünden, ivmeyi 4,90 ÷ 1,0 gibi konumu zamana bölerek bulan cevap 1.2'nin ivme ölçütünden puan alamaz. Frenlenme anındaki uzaklığı 1,0-1,2 s aralığındaki yol (215,6 cm) olarak yazan cevap 1.3'ün son ölçütünden puan alamaz. Cevap verilmemesi durumunda 0 puan verilir.

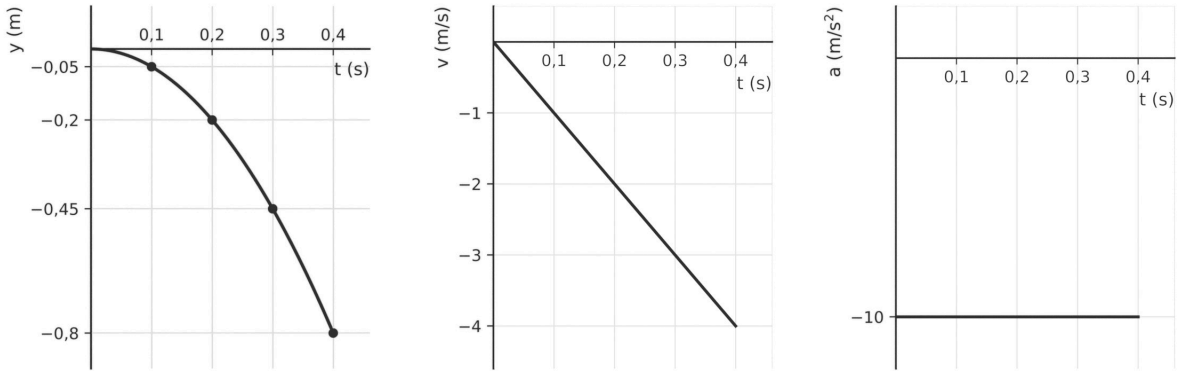
2. Doğru cevap:

- 2.1 **(5 puan)**: Tablo 1'de III. veri seti için $h = ½ \cdot g \cdot t^2$ modelinden $3{,}2 = 5 \cdot t^2$ ve $t = 0{,}8$ s bulma **(1 puan)**; II. veri seti için $v = g \cdot t = 10 \cdot 0{,}6 = 6$ m/s (ya da $v^2 = 2 \cdot g \cdot h = 36$) bulma **(1 puan)**. Tablo 2'de $t = 0{,}2$ s için $y = -½ \cdot 10 \cdot 0{,}2^2 = -0{,}20$ m **(1 puan)** ve $t = 0{,}3$ s için $v = -10 \cdot 0{,}3 = -3$ m/s bulma **(1 puan)**. Her 0,1 s'lik aralıkta hız değişiminin −1 m/s olduğunu gösterip ivmeyi $a = \Delta v \div \Delta t = -10$ m/s² (aşağı yönlü, büyüklüğü 10 m/s²) olarak hesaplama **(1 puan)**.
- 2.2 **(6 puan)**: Konum-zaman grafiğini (0; 0), (0,1; −0,05), (0,2; −0,20), (0,3; −0,45), (0,4; −0,80) noktalarından geçen, eğiminin büyüklüğü giderek artan (zaman ekseninin altında, aşağı doğru kıvrılan) bir eğri olarak çizme **(2 puan)**. Hız-zaman grafiğini (0; 0) noktasından (0,4 s; −4 m/s) noktasına uzanan bir doğru olarak çizme **(2 puan)**. İvme-zaman grafiğini −10 m/s² değerinde zaman eksenine paralel bir doğru olarak çizme **(2 puan)**. Grafiğin biçimi doğru, değerleri ya da eksen adları ve birimleri eksikse o grafik için 1 puan verilir.
- 2.3 **(5 puan)**: Defne'nin görüşünün yanlış olduğunu belirtme **(1 puan)**. Kanıt olarak Tablo 1'de yükseklik 0,8 m'den 3,2 m'ye (4 katına) çıktığında çarpma hızının 4 m/s'den 8 m/s'ye (2 katına), 1,8 m'ye (2,25 katına) çıktığında 6 m/s'ye (1,5 katına) çıktığını göstererek çarpma hızının karesinin yükseklikle orantılı olduğunu ($v^2 = 2 \cdot g \cdot h$), hızı 4 katına çıkarmak için yüksekliğin 16 katına çıkması gerektiğini belirtme **(2 puan)**. Hızın yükseklikle doğru orantılı olmadığı verilerle gösterilip $v^2 = 2 \cdot g \cdot h$ ilişkisi yazılmazsa bu ölçütten 1 puan verilir. Arda'nın görüşünün doğru olduğunu belirtme ve kanıt olarak hız-zaman grafiği ile zaman ekseni arasındaki üçgenin alanını $½ \cdot 0{,}4 \cdot 4 = 0{,}8$ m bulup bunun düşme yüksekliğine (Tablo 2'de $t = 0{,}4$ s'deki konumun büyüklüğüne) eşit olduğunu gösterme **(2 puan)**.

Örnek doğru cevap:

2.1. Tablo 1: III. veri setinde $3{,}2 = ½ \cdot 10 \cdot t^2 \rightarrow t^2 = 0{,}64 \rightarrow t = 0{,}8$ s; II. veri setinde $v = g \cdot t = 10 \cdot 0{,}6 = 6$ m/s. Tablo 2: $t = 0{,}2$ s'de $y = -½ \cdot 10 \cdot 0{,}2^2 = -0{,}20$ m; $t = 0{,}3$ s'de $v = -10 \cdot 0{,}3 = -3$ m/s. Hız her 0,1 s'de 0'dan −1 m/s'ye, −1'den −2 m/s'ye, −2'den −3 m/s'ye, −3'ten −4 m/s'ye değişmektedir. Her aralıkta $a = \Delta v \div \Delta t = -1 \div 0{,}1 = -10$ m/s²'dir; ivme aşağı yönlüdür.

2.2. Grafikler aşağıdaki gibidir:



2.3. Defne'nin görüşü yanlıştır. Tablo 1'e göre düşme yüksekliği 0,8 m'den 3,2 m'ye, yani 4 katına çıktığında çarpma hızı 4 m/s'den 8 m/s'ye, yani yalnızca 2 katına çıkmıştır. Yükseklik 2,25 katına (1,8 m) çıktığında hız 1,5 katına (6 m/s) çıkmıştır. Veriler çarpma hızının karesinin yükseklikle orantılı olduğunu ($v^2 = 2 \cdot g \cdot h$) göstermektedir; hızı 4 katına çıkarmak için yükseklik 16 katına çıkarılmalıdır. Arda'nın görüşü doğrudur. Hız-zaman grafiği ile zaman ekseni arasında kalan üçgenin alanı $½ \cdot 0{,}4$ s $\cdot 4$ m/s = 0,8 m'dir ve kaskın düştüğü 0,8 m'lik yüksekliğe eşittir. Aynı sonuç ara anlar için de geçerlidir: (0-0,2) s aralığındaki alan $½ \cdot 0{,}2 \cdot 2 = 0{,}2$ m'dir ve Tablo 2'de $t = 0{,}2$ s'deki konumun büyüklüğüne eşittir.

Yanlış cevap: III. veri seti için sürenin 0,4 · 4 = 1,6 s olarak yazılması ya da Tablo 2'de t = 0,2 s'deki konumun −0,40 m olarak yazılması (eşit zamanlarda eşit yol alındığının sanılması) 2.1'in ilgili ölçütünden puan alamaz. Konum-zaman grafiğini düz bir doğru olarak, hız-zaman grafiğini zaman eksenine paralel olarak çizen cevap o grafiğin ölçütünden puan alamaz. "Defne haklıdır, çarpma hızı yükseklikle doğru orantılıdır." ya da "Grafiğin altındaki alan ivmeyi verir." diyen cevap 2.3'ün ilgili ölçütünden puan alamaz. Cevap verilmemesi durumunda 0 puan verilir.

3. Doğru cevap:

- 3.1 **(8 puan)**: Hızın bileşenlerini 37° için $v_x = 15 \cdot 0{,}8 = 12$ m/s, $v_{0y} = 15 \cdot 0{,}6 = 9$ m/s; 53° için $v_x = 9$ m/s, $v_{0y} = 12$ m/s olarak bulma **(2 puan)**. Havada kalma süresini $t = 2 \cdot v_{0y} \div g$ ile 37° için 1,8 s, 53° için 2,4 s bulma **(2 puan)**. En büyük yüksekliği $h = v_{0y}^2 \div (2 \cdot g)$ ile 37° için 4,05 m, 53° için 7,2 m bulma **(2 puan)**. Yatay uzaklığı $x = v_x \cdot t$ ile 37° için $12 \cdot 1{,}8 = 21{,}6$ m, 53° için $9 \cdot 2{,}4 = 21{,}6$ m bulma **(2 puan)**. Her ölçütte değerlerden yalnızca biri doğruysa 1 puan verilir.
- 3.2 **(5 puan)**: Havada kalma süresinin ve en büyük yüksekliğin yalnızca hızın düşey bileşenine bağlı olduğunu, düşey bileşen büyüdükçe arttığını belirtme **(2 puan)**. Yatay uzaklığın hızın yatay bileşeni ile havada kalma süresinin çarpımına ($x = v_x \cdot t$), dolayısıyla iki bileşene birlikte bağlı olduğunu belirtme **(1 puan)**. 37° ve 53° açılarında yatay uzaklıkların eşit (21,6 m) olduğunu belirterek aynı büyüklükteki hızla ve toplamı 90° olan açılarla fırlatılan cisimlerin aynı yatay uzaklığa düştüğünü, aynı hız için en büyük yatay uzaklığa 45°'de ulaşıldığını genelleme **(2 puan)**.
- 3.3 **(5 puan)**: 45°'nin iki çalışma için de seçilemeyeceğini, çünkü topun 22,5 m uzağa düşerek işaretli noktayı aştığını belirtme **(1 puan)**. Hem 37° hem 53° için topun işaretli noktaya (21,6 m) düştüğünü belirtme **(1 puan)**. En büyük yüksekliklerin 37° için 4,05 m, 53° için 7,2 m; havada kalma sürelerinin 37° için 1,8 s, 53° için 2,4 s olduğunu karşılaştırarak 6 m koşulunu yalnızca 53°'nin, 2 s koşulunu yalnızca 37°'nin sağladığını belirleme **(2 puan)**. Kaleci antrenörü için 53°'yi, savunma antrenörü için 37°'yi seçme **(1 puan)**.

Örnek doğru cevap:

3.1.

Namlu açısı (α)	Yatay bileşen (m/s)	Düşey bileşen (m/s)	Havada kalma süresi (s)	En büyük yükseklik (m)	Yatay uzaklık (m)
37°	12	9	1,8	4,05	21,6
53°	9	12	2,4	7,2	21,6

İşlemler (53° için): $v_x = 15 \cdot \cos 53° = 9$ m/s; $v_{0y} = 15 \cdot \sin 53° = 12$ m/s; en yüksek noktaya çıkış süresi $12 \div 10 = 1{,}2$ s, havada kalma süresi 2,4 s; $h = 12^2 \div 20 = 7{,}2$ m; $x = 9 \cdot 2{,}4 = 21{,}6$ m. 37° için aynı işlemlerle 12 m/s, 9 m/s, 1,8 s, 4,05 m ve 21,6 m bulunur.

3.2. Düşey bileşen 9 m/s'den 10,6 m/s'ye ve 12 m/s'ye çıktıkça havada kalma süresi (1,8 s → 2,1 s → 2,4 s) ve en büyük yükseklik (4,05 m → 5,6 m → 7,2 m) artmaktadır. Bu iki nicelik yalnızca düşey bileşene bağlıdır, çünkü düşey hareket yatay hızdan bağımsız bir serbest düşmedir. Yatay uzaklık ise yatay hız ile havada kalma süresinin çarpımıdır; bu nedenle iki bileşene de bağlıdır. 37° ve 53° için yatay uzaklıklar eşittir (21,6 m): 37°'de yatay hız büyük, süre kısa; 53°'de yatay hız küçük, süre uzundur. Buna göre aynı büyüklükteki hızla ve toplamı 90° olan iki açıyla fırlatılan cisimler aynı yatay uzaklığa düşer; aynı hız için en büyük yatay uzaklık 45°'de elde edilir.

3.3. 45°'de top 22,5 m uzağa düştüğü için işaretli noktayı aşar; bu açı iki çalışmaya da uygun değildir. 37° ve 53°'de top işaretli noktaya düşer. 53°'de top 7,2 m yükselir, 6 m koşulunu sağlar; 37°'de ise yalnızca 4,05 m yükselir. 37°'de top işaretli noktaya 1,8 s'de ulaşır ve 2 s koşulunu sağlar; 53°'de ise 2,4 s'de ulaşır. Bu nedenle makine kaleci antrenörü için 53°'ye, savunma antrenörü için 37°'ye ayarlanmalıdır.

Yanlış cevap: Hızın bileşenlerini sin ve cos değerlerini karıştırarak bulan (ör. 37° için v_x = 9 m/s) ya da havada kalma süresini en yüksek noktaya çıkış süresi (0,9 s) olarak yazan cevap 3.1'in ilgili ölçütünden puan alamaz. "Açı büyüdükçe yatay uzaklık her zaman artar." ya da "Yatay uzaklık yalnızca yatay bileşene bağlıdır." genellemesi 3.2'nin ilgili ölçütünden puan alamaz. "En büyük yatay uzaklık 45°'de olduğu için iki antrenör de 45°'yi seçmelidir." diyen cevap 3.3'te seçim ölçütünden puan alamaz. Cevap verilmemesi durumunda 0 puan verilir.

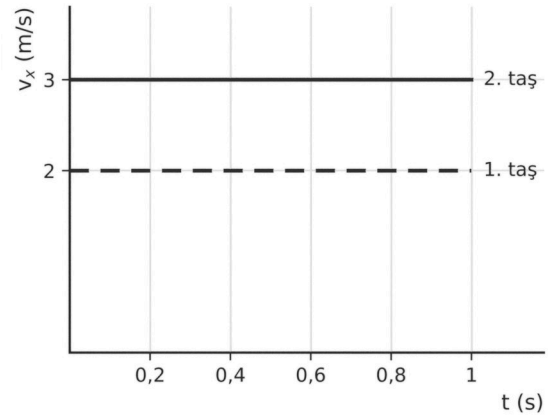
4. Doğru cevap:

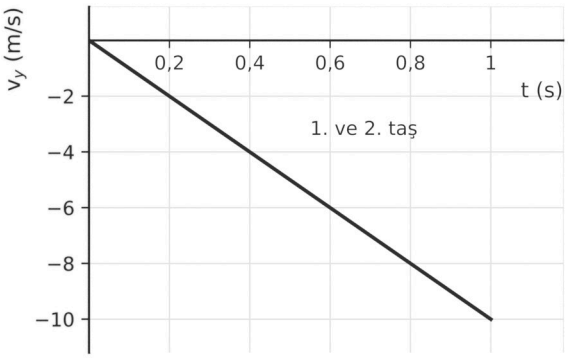
- 4.1 **(5 puan)**: İki taşın da yatay doğrultuda eşit zaman aralıklarında eşit yer değiştirme yaptığını (1. taş için her 0,2 s'de 0,4 m, 2. taş için 0,6 m) belirterek yatay doğrultuda sabit hızlı hareket yaptıklarını belirtme **(2 puan)**. Düşey doğrultuda ardışık aralıklarda alınan yolların (0,2; 0,6; 1,0; 1,4; 1,8 m) her aralıkta aynı miktarda (0,4 m) arttığını belirterek düşey doğrultuda ilk hızı sıfır olan sabit ivmeli hareket (serbest düşme) yaptıklarını belirtme **(1 puan)**. İki taşın da 1,0 s'de zemine düştüğünü, bant hızı artsa da havada kalma süresinin değişmediğini; bu sürenin yatay hıza değil, yalnızca bandın ucunun yüksekliğine (ve g'ye) bağlı olduğunu ($h = ½ \cdot g \cdot t^2$) açıklama **(2 puan)**.
- 4.2 **(6 puan)**: Yatay bileşen grafiklerini 1. taş için 2 m/s, 2. taş için 3 m/s değerinde zaman eksenine paralel iki doğru olarak çizme (3 puan; yalnızca biri doğruysa 1 puan). Düşey bileşen grafiğini iki taş için ortak olan, (0; 0) noktasından (1,0 s; −10 m/s) noktasına uzanan bir doğru olarak çizme ve iki taşın düşey hızlarının her an eşit olduğunu belirtme (3 puan; doğru zaman ekseninin üstünde çizilirse 1 puan).
- 4.3 **(5 puan)**: 5 m yükseklik için düşme süresinin 1,0 s olduğunu kullanarak 4 m/s hızla ayrılan taşın yatay uzaklığını $x = v_x \cdot t = 4 \cdot 1{,}0 = 4$ m bulma ve çizginin en az 4 m uzağa çizilmesi gerektiğini belirtme **(2 puan)**. 3,2 m yükseklik için düşme süresini $3{,}2 = ½ \cdot 10 \cdot t^2$ modelinden t = 0,8 s bulma **(2 puan)**. Yatay uzaklığı 4 · 0,8 = 3,2 m bulma **(1 puan)**.

Örnek doğru cevap:

4.1. 1. taş her 0,2 s'de yatayda 0,4 m, 2. taş 0,6 m ilerlemektedir; ikisi de yatay doğrultuda eşit zaman aralıklarında eşit yer değiştirme yaptığı için bu doğrultuda sabit hızlı hareket yapar (2 m/s ve 3 m/s). Düşey doğrultuda ardışık aralıklarda alınan yollar 0,2; 0,6; 1,0; 1,4; 1,8 m olup her aralıkta 0,4 m artmaktadır; bu, ilk hızı sıfır olan sabit ivmeli harekettir (serbest düşme). İki taşın düşey uzaklıkları her an eşittir ve ikisi de 5 m'lik yüksekliği 1,0 s'de düşerek zemine aynı sürede ulaşır. Bant hızı 2 m/s'den 3 m/s'ye çıksa da havada kalma süresi değişmemiştir. Bu süre yatay hıza bağlı değildir; yalnızca yüksekliğe bağlıdır: $5 = ½ \cdot 10 \cdot t^2 \rightarrow t = 1{,}0$ s.

4.2. Grafikler aşağıdaki gibidir:





4.3. Bandın ucu 5 m yüksekte olduğundan her taş 1,0 s'de zemine düşer. 4 m/s hızla ayrılan taş bu sürede yatayda 4 · 1,0 = 4 m ilerler; güvenlik çizgisi bandın ucunun hizasından en az 4 m uzağa çizilmelidir. Bandın ucu 3,2 m yükseklikte olsaydı düşme süresi 3,2 = 5 · t² → t = 0,8 s olurdu ve taş yatayda 4 · 0,8 = 3,2 m ilerlerdi; çizgi en az 3,2 m uzağa çizilmelidir.

Yanlış cevap: "2. taş daha hızlı olduğu için zemine daha önce düşer." ya da "2. taş daha uzağa gittiği için havada daha uzun süre kalır." diyen cevap 4.1'in son ölçütünden puan alamaz. Yatay hız-zaman grafiklerini artan doğrular olarak, düşey hız-zaman grafiklerini iki taş için farklı eğimlerle çizen cevap ilgili grafik ölçütünden puan alamaz. Uzaklığı 4 · 5 = 20 m gibi yüksekliği süre yerine kullanarak hesaplayan cevap 4.3'ün ilgili ölçütlerinden puan alamaz. Cevap verilmemesi durumunda 0 puan verilir.

5. Doğru cevap:

- 5.1 **(6 puan)**: a = Δv ÷ Δt modeliyle ivmelerin büyüklüklerini 1. denemede 12 ÷ 12 = 1 m/s², 2. denemede 12 ÷ 8 = 1,5 m/s², 3. denemede 12 ÷ 16 = 0,75 m/s², 4. denemede 12 ÷ 12 = 1 m/s² bulma (her biri 1 puan, toplam 4 puan). F ÷ m oranlarını 12 000 ÷ 12 000 = 1; 18 000 ÷ 12 000 = 1,5; 12 000 ÷ 16 000 = 0,75; 16 000 ÷ 16 000 = 1 (N/kg) bulup her denemede ivmeye eşit olduğunu belirtme **(2 puan)**.
- 5.2 **(6 puan)**: 1. ve 2. denemeleri karşılaştırarak kütle sabitken kuvvet 1,5 katına çıktığında ivmenin de 1,5 katına çıktığını, yani ivmenin bileşke kuvvetle doğru orantılı olduğunu belirtme **(1 puan)**. 1. ve 3. denemeleri karşılaştırarak kuvvet sabitken kütle 4/3 katına çıktığında ivmenin 3/4 katına indiğini, yani ivmenin kütleyle ters orantılı olduğunu belirtme **(1 puan)**. Genellemeyi "Bir cismin ivmesi ona etki eden bileşke kuvvetle doğru, kütlesiyle ters orantılıdır; F_{net} = m · a" biçiminde ifade etme **(2 puan)**. Yolları x = v² ÷ (2 · a) ya da x = ortalama hız · süre ile 1. deneme için 6 · 12 = 72 m, 3. deneme için 6 · 16 = 96 m bulma ve yüklü otobüsün aynı bileşke kuvvetle 12 m/s'ye daha uzun yolda ulaştığını belirtme (2 puan; yalnız biri doğruysa 1 puan).
- 5.3 **(6 puan)**: Otobüs hızlanırken yolcunun ayaklarının zeminle birlikte öne doğru hareket ettiğini, gövdesine ise onu otobüsle birlikte hızlandıracak yeterli bir kuvvet etki etmediği için gövdenin eylemsizliği nedeniyle durgun kalma eğiliminde olduğunu, bu yüzden yolcunun otobüse göre geriye doğru savrulduğunu açıklama **(2 puan)**. Yolcuyu hızlandıran bileşke kuvveti F = m · a = 64 · 1,5 = 96 N bulma **(2 puan)**. Sırt dayanağının yolcuya öne doğru uyguladığı kuvvetin tepkisinin, yolcunun sırt dayanağına geriye doğru uyguladığı aynı büyüklükteki (yaklaşık 96 N) kuvvet olduğunu belirtme (2 puan; yalnızca "yolcunun koltuğa uyguladığı kuvvet" yazılıp yön ve büyüklük belirtilmezse 1 puan).

Örnek doğru cevap:

5.1. Otobüsün hızı her denemede 0'dan 12 m/s'ye çıkmaktadır. İvmelerin büyüklükleri: 1. deneme 12 ÷ 12 = 1 m/s², 2. deneme 12 ÷ 8 = 1,5 m/s², 3. deneme 12 ÷ 16 = 0,75 m/s², 4. deneme 12 ÷ 12 = 1 m/s². Bileşke kuvvetin kütleye oranları 12 000 ÷ 12 000 = 1 N/kg, 18 000 ÷ 12 000 = 1,5 N/kg, 12 000 ÷ 16 000 = 0,75 N/kg, 16 000 ÷ 16 000 = 1 N/kg'dır. Her denemede ivme, bileşke kuvvetin kütleye oranına eşittir.

5.2. 1. ve 2. denemelerde kütle aynıdır; kuvvet 12 000 N'dan 18 000 N'a (1,5 katına) çıkınca ivme 1 m/s²'den 1,5 m/s²'ye (1,5 katına) çıkmıştır: ivme kuvvetle doğru orantılıdır. 1. ve 3. denemelerde kuvvet aynıdır; kütle 12 000 kg'dan 16 000 kg'a (4/3 katına) çıkınca ivme 1 m/s²'den 0,75 m/s²'ye (3/4 katına) inmiştir: ivme kütleyle ters orantılıdır. 4. denemede kuvvet ve kütle aynı oranda arttığı için ivme 1. denemedekiyle aynıdır. Buna göre bir cismin ivmesi ona etki eden bileşke kuvvetle doğru, kütlesiyle ters orantılıdır ve ivme bileşke kuvvetle aynı yönlüdür: $F_{net} = m \cdot a$. Yollar $x = v^2 \div (2 \cdot a)$ ile 1. denemede 144 ÷ 2 = 72 m, 3. denemede 144 ÷ 1,5 = 96 m'dir. Yüklü otobüs aynı bileşke kuvvetle daha küçük ivme kazandığı için 12 m/s'ye 24 m daha uzun yolda ulaşır.

5.3. Otobüs harekete geçtiğinde zemin, yolcunun ayaklarını otobüsle birlikte öne doğru götürür; yolcunun gövdesine ise onu aynı ivmeyle hızlandıracak yeterli bir kuvvet etki etmez. Newton'ın I. Hareket Yasası'na göre gövde eylemsizliği nedeniyle durgun kalma eğilimindedir; bu yüzden yolcu hızlanan otobüse göre geriye doğru savrulur. Koltukta oturan yolcu otobüsle birlikte 1,5 m/s²'lik ivmeyle hızlanır; ona etki eden bileşke kuvvet $F = m \cdot a = 64 \cdot 1,5 = 96$ N'dur ve hareket yönündedir. Bu kuvveti büyük ölçüde koltuğun sırt dayanağı uygular. Sırt dayanağının yolcuya öne doğru uyguladığı kuvvetin tepkisi, yolcunun sırt dayanağına geriye doğru uyguladığı aynı büyüklükteki kuvvettir.

Yanlış cevap: İvmeyi 12 000 ÷ 12 gibi kuvveti süreye bölerek bulan cevap 5.1'in ilgili ölçütünden puan alamaz. "Kütle arttıkça ivme artar." ya da "Yüklü otobüs ağır olduğu için hızına daha kısa yolda ulaşır." diyen cevap 5.2'nin ilgili ölçütünden puan alamaz. "Yolcuyu geriye doğru iten bir kuvvet vardır." ya da "Sırt dayanağının yolcuya uyguladığı kuvvetin tepkisi yolcunun ağırlığıdır." diyen cevap 5.3'ün ilgili ölçütünden puan alamaz. Cevap verilmemesi durumunda 0 puan verilir.

6. Doğru cevap:

- 6.1 **(5 puan)**: Her denemede iki sensörün aynı değeri gösterdiğini; A'nın B'ye ve B'nin A'ya uyguladığı kuvvetlerin büyüklüklerinin eşit, yönlerinin zıt olduğunu belirtme **(2 puan)**. İpek'in görüşünün yanlış olduğunu; itici yalnız A'da, yalnız B'de ya da ikisinde de olsa iki kuvvetin her zaman eşit olduğunu verilere dayanarak açıklama **(1 puan)**. Genelleme: Bir cisim ikinci bir cisme kuvvet uyguladığında ikinci cisim de birinciye aynı büyüklükte ve zıt yönde bir kuvvet uygular; bu kuvvetler farklı cisimlere etki eder ve etkileşimi hangi cismin başlattığından bağımsızdır **(2 puan)**.
- 6.2 **(5 puan)**: A için oranı her denemede 4 ÷ 8 = 6 ÷ 12 = 8 ÷ 16 = 0,5 kg bulma **(1 puan)**, B için 4 ÷ 5 = 6 ÷ 7,5 = 8 ÷ 10 = 0,8 kg bulma **(1 puan)**. Oranların her araba için sabit olduğunu ve arabaların kütlelerini verdiğini belirtme **(1 puan)**. Aynı arabada kuvvet arttıkça ivmenin aynı oranda arttığını ($a \propto F$), aynı büyüklükteki kuvvet etkisinde kütlesi büyük olan B'nin ivmesinin küçük olduğunu ($a \propto 1/m$; ivmelerin oranı 1,6 = 0,8 ÷ 0,5) belirterek $F_{net} = m \cdot a$ genellemesini yapma **(2 puan)**.
- 6.3 **(6 puan)**: A'nın hızını $v = a \cdot t = 16 \cdot 0{,}1 = 1{,}6$ m/s bulma **(1 puan)**; B'nin hızını $10 \cdot 0{,}1 = 1{,}0$ m/s bulma ve hızların zıt yönlü olduğunu belirtme **(1 puan)**. Hızların oranını 1,6 ÷ 1,0 = 1,6 bulup kütlelerin oranının tersine (0,8 ÷ 0,5 = 1,6) eşit olduğunu belirtme **(2 puan)**. Ayrıldıktan sonra B'ye yatay doğrultuda bir kuvvet etki etmediği, ağırlığı ile rayın uyguladığı normal kuvvet de dengelendiği için bileşke kuvvetin sıfır olduğunu ve B'nin 1,0 m/s hızla aynı doğrultuda sabit hızlı hareketini sürdüreceğini açıklama **(2 puan)**.

Örnek doğru cevap:

6.1. Her denemede iki sensör aynı değeri göstermektedir (4 N, 6 N, 8 N). A, B'yi bir yöne iterken B de A'yı aynı büyüklükteki kuvvetle ters yöne itmektedir; kuvvetlerin büyüklükleri eşit, yönleri zıttır. İtici yalnız A'dayken de yalnız B'deyken de iki sensör aynı değeri gösterdiği için İpek'in görüşü yanlıştır; iticisi olmayan araba da diğerine aynı büyüklükte kuvvet uygular. Buna göre iki cisim etkileştiğinde birbirlerine uyguladıkları kuvvetler, etkileşimi hangisi başlatırsa başlatsın her zaman eşit büyüklükte ve zıt yönlüdür; bu etki-tepki kuvvetleri farklı cisimlere etki eder.

6.2. A için F ÷ a = 4 ÷ 8 = 6 ÷ 12 = 8 ÷ 16 = 0,5 kg, B için F ÷ a = 4 ÷ 5 = 6 ÷ 7,5 = 8 ÷ 10 = 0,8 kg'dır. Oranlar her araba için sabittir ve o arabanın kütlesini verir. Aynı arabaya etki eden kuvvet 2 katına çıkınca (4 N → 8 N) ivme de 2 katına çıkmıştır; ivme kuvvetle doğru orantılıdır. Aynı büyüklükteki kuvvet etkisinde kütlesi 1,6 kat büyük olan B'nin ivmesi 1,6 kat küçüktür; ivme kütleyle ters orantılıdır. Buna göre $F_{net} = m \cdot a$'dır.

6.3. A'nın hızı $16 \cdot 0{,}1 = 1{,}6$ m/s, B'nin hızı $10 \cdot 0{,}1 = 1{,}0$ m/s'dir; arabalar birbirinden uzaklaşacak biçimde zıt yönlerde hareket eder. Hızların oranı 1,6 ÷ 1,0 = 1,6'dır ve kütlelerin oranının tersine (0,8 ÷ 0,5 = 1,6) eşittir: Eşit büyüklükteki kuvvetler eşit sürede etki ettiği için kütlesi küçük olan A daha hızlı hareket eder. Ayrıldıktan sonra B'ye yatay doğrultuda bir kuvvet etki etmez; ağırlığı ile rayın uyguladığı normal kuvvet de birbirini dengelediğinden bileşke kuvvet sıfırdır. Newton'ın I. Hareket Yasası'na göre B, 1,0 m/s hızla aynı doğrultuda sabit hızlı hareketini sürdürür.

Yanlış cevap: "1. denemede itici A'da olduğu için A daha büyük kuvvet uygular." "Kütlesi büyük olan B, A'ya daha büyük kuvvet uygular." "A'nın B'ye uyguladığı kuvvet ile B'nin ağırlığı etki-tepki çiftidir." gibi ifadeler ilgili ölçütten puan alamaz. Kütleyi a ÷ F biçiminde hesaplayan cevap 6.2'nin oran ölçütlerinden; "Ayrıldıktan sonra B yavaşlayarak durur." diyen cevap 6.3'ün son ölçütünden puan alamaz. Cevap verilmemesi durumunda 0 puan verilir.