FİZİK

11. SINIF

YAZILIYA HAZIRLIK

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

TYMM 2026-2027

Hazırlayan: **Murat Altun**

Bu sorular Claude tarafından hazırlanmıştır.

1. Bir dağcılık malzemesi firmasının test laboratuvarında tırmanma iplerinin dayanımı ölçülmektedir. İpin ucuna bağlanan çelik blok ilk hızsız bırakılmakta, ip gerilene kadar serbest düşmekte, sonra ip tarafından durdurulmaktadır. Mühendisler 55 kg, 80 kg ve 100 kg'lık bloklarla deneme yapmış, bloğun hızını bir hız sensörüyle her 0,2 saniyede bir kaydetmiştir. İp gerilmeden önceki ölçümler tabloda verilmiştir. Bloklar yoğun ve büyük kütleli olduğu için hava direncinin etkisi ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Yukarı yön pozitif (+) kabul edilmiş, değerler yuvarlanmıştır.

Zaman (s)	0	0,2	0,4	0,6	0,8
55 kg'lık bloğun hızı (m/s)	0	−1,96	−3,91	−5,88	−7,83
80 kg'lık bloğun hızı (m/s)	0	−1,95	−3,92	−5,87	−7,84
100 kg'lık bloğun hızı (m/s)	0	−1,96	−3,92	−5,89	−7,85

Buna göre aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1.1. Tablodaki ardışık ölçümler arasında her bloğun hızının ne kadar değiştiğini bulunuz. Bu değişimlerden yararlanarak blokların (0-0,8) s aralığındaki ivmelerini büyüklükleri ve yönleriyle hesaplayınız. (5 puan)

1.2. Üç bloğun verilerini karşılaştırarak serbest düşme hareketi yapan cisimlerin ivmesine ilişkin iki genelleme yapınız: Biri ivmenin hareket süresince nasıl değiştiğine, diğeri ivmenin cismin kütlesine bağlı olup olmadığına ilişkin olsun. (4 puan)

1.3. Testlerde ip, blok bırakıldıktan 0,9 s sonra gerilmeye başlamaktadır. Genellemelerinizi kullanarak 80 kg'lık bloğun ip gerilmeye başladığı andaki hızını tahmin ediniz. 55 kg'lık bloğun bu andaki hızının 80 kg'lık bloğunkinden farklı olup olmayacağını gerekçesiyle belirtiniz. (3 puan)

2. Bir inşaatın iş güvenliği uzmanı, vinçle taşınan yüklerin üzerinde unutulan malzemelerin tehlikesini anlatmak için şu durumu incelemiştir: Yerden yaklaşık 30 m yükseklikteki P, R ve S yük kovalarının kenarlarında duran P, R ve S cıvataları aynı anda kayıp düşmektedir. Bu anda P kovası düşey doğrultuda yukarı doğru 2 m/s sabit hızla çekilmekte, R kovası asılı durmakta, S kovası ise aşağı doğru 2 m/s sabit hızla indirilmektedir. Cıvatalar ayrıldıkları anda kovalarıyla aynı hıza sahiptir. Uzmanın hava direncini ihmal edip g = 10 m/s² alarak hesapladığı hızlar tabloda verilmiştir. Yukarı yön pozitif (+) kabul edilmiştir.

Zaman (s)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
P cıvatasının hızı (m/s)	+2	0	−2	−4	−6	−8
R cıvatasının hızı (m/s)	0	−2	−4	−6	−8	−10
S cıvatasının hızı (m/s)	−2	−4	−6	−8	−10	−12

Buna göre aşağıdaki soruları cevaplayınız.

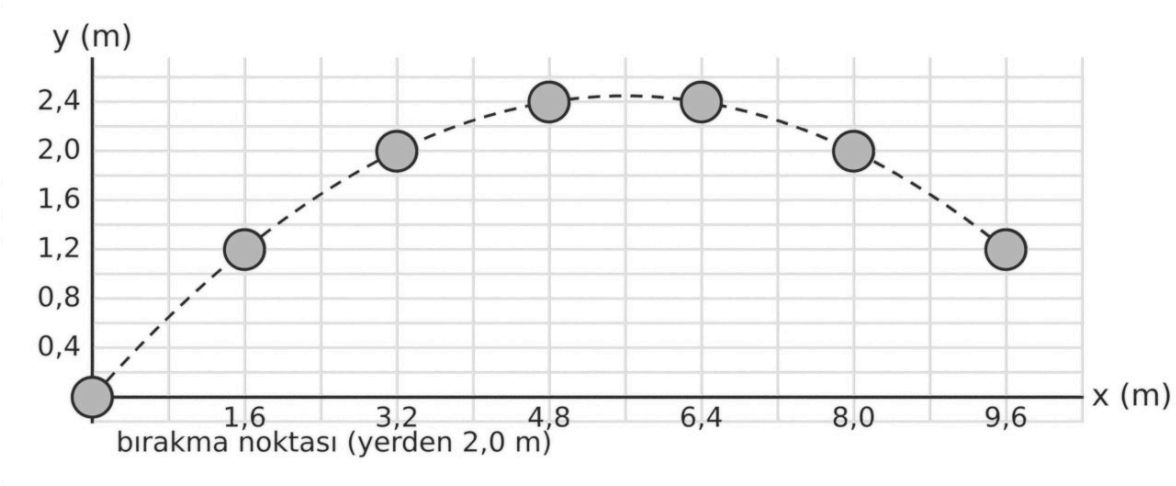
2.1. Her cıvatanın hızındaki değişimi 0,2 s'lik aralıklar için hesaplayınız. Bu değişimlerden cıvataların ivmelerini büyüklükleri ve yönleriyle bulunuz. (4 puan)

2.2. Stajyer Tuna "P cıvatası önce yavaşladığı için ivmesi negatif (−), sonra hızlandığı için pozitiftir (+). S cıvatası baştan hızlandığına göre onun ivmesi de pozitiftir." demiştir. Tablodaki hız değişimlerini kanıt olarak kullanarak Tuna'nın görüşünü değerlendiriniz. (4 puan)

2.3. Her cıvata için t = 0,6 s ve t = 1,0 s anlarında hızın ilk hıza göre değişimini ($v - v_0$) hesaplayarak karşılaştırınız. Sonuçlarınıza dayanarak serbest düşen bir cismin ilk hızının büyüklüğü ve yönü değiştiğinde ivmesinin değişip değişmediğini genelleyiniz. (4 puan)

3. Bir atletizm kulübünde gülle atma çalışan genç bir sporcunun atışı, tekniğini geliştirmek amacıyla biyomekanik analiz yazılımıyla incelenmiştir. Yazılım, gülle sporcunun elinden ayrıldıktan sonra güllenin bırakma noktasına göre yatay (x) ve düşey (y) konumlarını her 0,2 saniyede bir belirlemiştir. Gülle, sporcunun elinden yerden 2,0 m yükseklikte ayrılmıştır. Tablodaki ve şekildeki konumlar 0,1 m'ye yuvarlanmıştır. Yukarı yön pozitif (+) kabul edilmiştir. (Hava direncini ihmal ediniz.)

Zaman (s)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
Yatay konum, x (m)	0	1,6	3,2	4,8	6,4	8,0	9,6
Düşey konum, y (m)	0	1,2	2,0	2,4	2,4	2,0	1,2

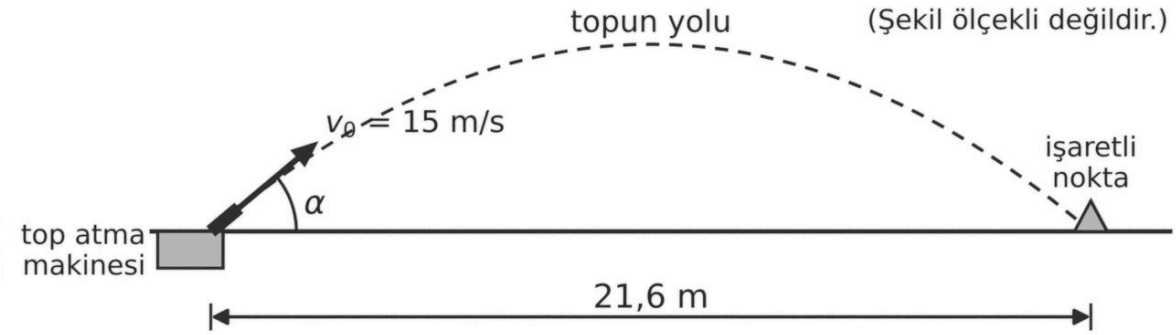


3.1. Tablodaki x değerlerinden güllenin her 0,2 s'de yatay doğrultuda ne kadar ilerlediğini bulunuz. Bu sonuca göre güllenin yatay doğrultudaki hareketini adlandırınız ve hızının yatay bileşenini hesaplayınız. (4 puan)

3.2. Güllenin düşey doğrultuda her aralıktaki yer değiştirmesini ve ortalama düşey hızını bulunuz. Bu sonuçlardan düşey hareketin türünü çıkarınız; düşey doğrultudaki ivmeyi ve gülle elden ayrılırken hızının düşey bileşenini hesaplayınız. (5 puan)

3.3. Yatay ve düşey doğrultudaki bulgularınızı birleştirerek yalnızca yer çekimi etkisinde iki boyutta hareket eden cisimlere ilişkin bir genelleme yapınız. Ardından güllenin en yüksek noktaya hangi anda ulaştığını ve bu noktanın yerden yüksekliğini belirleyiniz; t = 1,2 s anında güllenin hızının bileşenlerini hesaplayınız. (5 puan)

4. 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°					

4.1. 37° ve 53° açıları için tablodaki boş hücreleri gerekli hesapları göstererek doldurunuz. (8 puan)

4.2. 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)

4.3. 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)

5. Taşıdığı keşif robotuyla birlikte kütlesi 1000 kg olan bir iniş aracı Mars yüzeyine yaklaşmaktadır. Aracın roket motorları sıcak gazları aşağı doğru püskürterek araca yukarı yönlü bir itme kuvveti uygular. Aracın yazılımının kaydettiği itme kuvveti ve hız değerleri tabloda verilmiştir. Yukarı yön pozitif (+) kabul edilmiştir. (Mars atmosferinin direncini ve yakıt harcandıkça kütlenin azalmasını ihmal ediniz. Mars yüzeyinde çekim ivmesini 3,7 m/s² alınız.)

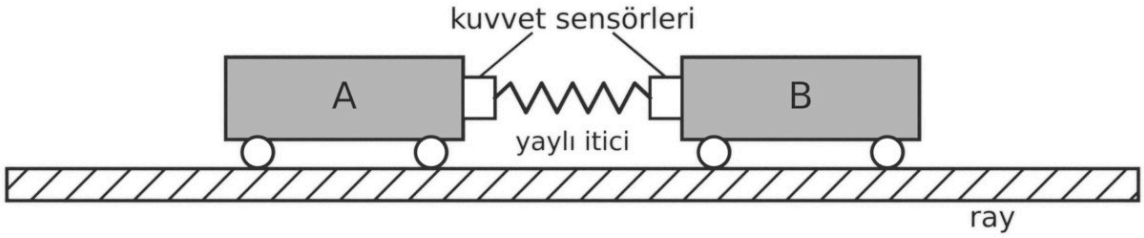
Zaman aralığı (s)	0-4	4-12	12-16	16-20	20-24
Yukarı yönlü itme kuvveti (N)	3700	4200	3700	3450	3700
Aralığın başındaki hız (m/s)	−4	−4	0	0	−1
Aralığın sonundaki hız (m/s)	−4	0	0	−1	−1

5.1. Aracın Mars'taki ağırlığını hesaplayarak her zaman aralığında araca etki eden bileşke kuvveti büyüklüğü ve yönüyle bulunuz. Tablodaki hızlardan her aralıktaki ivmeyi hesaplayınız ve bu ivmelerin bileşke kuvvetle ilişkisini gösteriniz. (5 puan)

5.2. Uçuş kontrol ekibinden Nehir "Araç (4-12) s aralığında hâlâ aşağı indiğine göre motorların itme kuvveti aracın ağırlığından küçüktür." demiştir. Kaan ise "Araç (12-16) s aralığında hareketsiz kaldığına göre motorlar bu aralıkta kapatılmış olabilir." görüşündedir. Tablodaki kuvvet ve hız değerlerini kullanarak iki görüşü değerlendiriniz. Ardından bileşke kuvvetin cismin hareketini nasıl etkilediğine ilişkin bir genelleme yazınız. (5 puan)

5.3. Mars atmosferi çok seyrek olduğu hâlde roket motorlarının aracı nasıl yukarı doğru itebildiğini Newton'ın III. Hareket Yasası ile açıklayınız. Araç daha sonra 3700 N'luk itme kuvvetiyle yeniden asılı durmuş, 200 kg kütleli robotu halatlarla yüzeye indirmiş ve halatlar kesilmiştir. Motorlar aynı itme kuvvetini uygulamayı sürdürürse aracın hareketinin nasıl olacağını gerekçesiyle açıklayınız. (4 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)

7. Bir spor bilimleri laboratuvarında kütlesi 70 kg olan voleybolcu Melis'in sıçrama performansı kuvvet platformuyla ölçülmektedir. Kuvvet platformu, üzerine uygulanan düşey kuvveti newton cinsinden gösteren bir ölçüm aracıdır. Melis platformun üzerinde dizlerini bükerek çömelmiş biçimde hareketsiz beklemiş, ardından platformu iterek düşey doğrultuda sıçramış ve bir süre havada kalmıştır. Platformun sıçrama boyunca gösterdiği değerler üç evre için tabloda yer almaktadır. Yukarı yön pozitif (+) kabul edilmiştir. (g = 10 m/s²)

Evre	Zaman aralığı (s)	Melis'in durumu	Platformun gösterdiği değer (N)
I	0-1,0	Çömelmiş olarak hareketsiz duruyor	700
II	1,0-1,3	Platformu iterek yukarı doğru hızlanıyor	1260
III	1,3-1,78	Platformdan ayrılmış, havada	0

7.1. Üç evrenin her biri için Melis'in serbest cisim diyagramını çiziniz; diyagramlarda okların uzunlukları kuvvetlerin büyüklükleriyle orantılı olsun. Diyagramlardaki her kuvvetin hangi cisim tarafından uygulandığını yazınız. (6 puan)

7.2. Diyagramlarınızdaki kuvvetlerden her evrede Melis'e etki eden bileşke kuvveti bulunuz ve buradan Melis'in ivmesini büyüklük ve yönüyle hesaplayınız. Melis platformdan hangi hızla ayrılmıştır? (4 puan)

7.3. Melis ölçümden sonra "Platform benim ağırlığımı gösteriyor. Sıçrarken ağırlığım 1260 N'a çıktı, havadayken de sıfır oldu." demiştir. Çizdiğiniz diyagramları kanıt olarak kullanıp bu görüşün doğru olup olmadığını tartışınız. Platformun gösterdiği değerin hangi kuvvetin büyüklüğü olduğunu Newton'ın III. Hareket Yasası ile açıklayınız. Ağırlığın tepki kuvvetini belirterek I. evrede eşit büyüklükte ve zıt yönlü olan ağırlık ile normal kuvvetin neden etki-tepki kuvvet çifti sayılmadığını yazınız. (4 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.11.1.1. Serbest düşme hareketi yapan cisimlerin ivmesine yönelik tümevarımsal akıl yürütebilme	FBAB10. Tümevarımsal Akıl Yürütme, 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
7	FİZ.11.1.5. Newton'ın Hareket Yasalarını serbest cisim diyagramını kullanarak yorumlayabilme	KB2.14. Yorumlama

PUANLAMA TABLOSU							
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**TOPLAM**
12	*12*	*14*	*18*	*14*	*16*	*14*	***100***

Bu sınav, 2026-2027 eğitim öğretim yılı 1. dönem konu-soru dağılım tablosundaki 1. ortak yazılı **Senaryo 1** 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)**: Üç bloğun da hızının her 0,2 s'lik aralıkta yaklaşık −1,96 m/s (−1,95 ile −1,97 m/s arasında) değiştiğini, yani hızın büyüklüğünün eşit zaman aralıklarında eşit miktarda arttığını ve hız değişiminin aşağı yönlü olduğunu belirleme (2 puan; yalnızca bir ya da iki blok için doğru belirlenirse 1 puan). İvmeyi a = Δv ÷ Δt modeliyle 55 kg'lık blok için −7,83 ÷ 0,8 ≈ −9,79 m/s², 80 kg'lık blok için −7,84 ÷ 0,8 = −9,80 m/s², 100 kg'lık blok için −7,85 ÷ 0,8 ≈ −9,81 m/s² olarak hesaplama (2 puan; model doğru, işlem hatalı ise 1 puan). İvmelerin yönünü aşağı (−) yön olarak belirtme **(1 puan)**. İvmeyi tek bir aralıktaki hız değişiminden (ör. −1,96 ÷ 0,2 = −9,8 m/s²) ya da aralıkların ortalamasından hesaplayan cevaplar da kabul edilir.
- 1.2 **(4 puan)**: Her bloğun hızı eşit zaman aralıklarında eşit miktarda değiştiği için ivmenin hareket boyunca sabit kaldığını, yani zamana bağlı olmadığını belirtme **(2 puan)**. Kütleleri farklı (55 kg, 80 kg, 100 kg) blokların ivmelerinin ölçüm duyarlılığı içinde eşit (≈ 9,8 m/s², aşağı yönlü) olduğundan yola çıkarak hava direncinin ihmal edildiği ortamda serbest düşen cisimlerin ivmesinin kütleden bağımsız olduğunu ve yer çekimi ivmesine (g) eşit olduğunu genelleme **(2 puan)**.
- 1.3 **(3 puan)**: Hızı v = −g · t = −9,8 · 0,9 ≈ −8,8 m/s (8,8 m/s büyüklüğünde, aşağı yönlü) olarak bulma ya da tablodaki son değere bir yarım aralığın hız değişimini ekleyerek −7,84 + (−0,98) = −8,82 m/s olarak tahmin etme **(2 puan)**. İvme g = 10 m/s² alınarak bulunan −9 m/s de kabul edilir. 55 kg'lık bloğun ivmesi de aynı olduğu için bırakıldıktan 0,9 s sonra onun da aynı hıza sahip olacağını, hızların farklı olmayacağını belirtme **(1 puan)**.

Örnek doğru cevap:

1.1. Ardışık hız değerlerinin farkları 55 kg'lık blok için −1,96; −1,95; −1,97; −1,95 m/s, 80 kg'lık blok için −1,95; −1,97; −1,95; −1,97 m/s, 100 kg'lık blok için −1,96; −1,96; −1,97; −1,96 m/s'dir. Üç bloğun da hızı her 0,2 s'de yaklaşık 1,96 m/s artmakta, hız değişimi her seferinde aşağı yönlü olmaktadır. (0-0,8) s aralığında a = Δv ÷ Δt modeline göre 55 kg'lık bloğun ivmesi −7,83 ÷ 0,8 ≈ −9,79 m/s², 80 kg'lık bloğun ivmesi −7,84 ÷ 0,8 = −9,80 m/s², 100 kg'lık bloğun ivmesi −7,85 ÷ 0,8 ≈ −9,81 m/s²'dir. İvmelerin yönü aşağıdır.

1.2. İvme, birim zamandaki hız değişimidir. Bloklar eşit zaman aralıklarında hızlarını eşit miktarda değiştirdiği için ivmeleri düşüş boyunca sabittir; ivme zamanla değişmez. Kütlesi 55 kg ile 100 kg arasında değişen blokların ivmeleri ölçüm duyarlılığı içinde aynıdır (yaklaşık 9,8 m/s²). Buna göre hava direncinin ihmal edildiği bir ortamda serbest düşen cisimlerin ivmesi kütlelerinden bağımsızdır ve yer çekimi ivmesine (g) eşittir; yönü aşağı doğrudur. (Bilgi: Yer çekimi ivmesinin yeryüzündeki değeri yaklaşık 9,8 m/s²'dir; problemlerde çoğu zaman 10 m/s² alınır.)

1.3. Bloğun ivmesi sabit ve yaklaşık 9,8 m/s² olduğundan t = 0,9 s'de hızı v = −9,8 · 0,9 ≈ −8,8 m/s'dir; blok ip gerildiği anda yaklaşık 8,8 m/s hızla aşağı doğru hareket etmektedir. Kütlesi farklı olsa da 55 kg'lık bloğun ivmesi de 9,8 m/s² olduğu için bu blok da bırakıldıktan 0,9 s sonra aynı hıza (≈ 8,8 m/s) ulaşır; hızları farklı olmaz.

Yanlış cevap: "100 kg'lık blok ağır olduğu için daha büyük ivmeyle düşer." ya da "Blokların hızı arttığı için ivmeleri de artmaktadır." diyen cevaplar 1.2'deki ilgili ölçütten puan alamaz. İvmeyi hız değeriyle karıştırarak "ivme 7,84 m/s²'dir" yazan cevap 1.1'in hesap ölçütünden puan alamaz; ivmeyi −7,84 ÷ 0,2 gibi yanlış zaman aralığıyla hesaplayan cevap bu ölçütten en fazla 1 puan alır. "55 kg'lık blok hafif olduğu için ip gerildiğinde daha yavaş hareket eder." diyen cevap 1.3'ün son ölçütünden puan alamaz. Cevap verilmemesi durumunda 0 puan verilir.

2. Doğru cevap:

- 2.1 **(4 puan)**: Üç cıvatanın da hızının her 0,2 s'lik aralıkta −2 m/s değiştiğini belirleme (2 puan; yalnızca bir ya da iki cıvata için belirlenirse 1 puan). a = Δv ÷ Δt = −2 ÷ 0,2 = −10 m/s² hesaplanarak üç cıvatanın ivmesinin de 10 m/s² büyüklüğünde ve aşağı yönlü olduğunu bulma (2 puan; büyüklük doğru, yön belirtilmemişse 1 puan).
- 2.2 **(4 puan)**: Görüşün yanlış olduğunu belirtme **(1 puan)**. P'nin yükselirken negatif ivmeli olduğunu doğru bulup görüşün geri kalanının yanlış olduğunu belirten "kısmen doğru" cevabı da bu ölçütten tam puan alır. P cıvatasının hızının hem yükselirken (0-0,2 s) hem de düşerken (0,2-1,0 s) her 0,2 s'de −2 m/s değiştiğini, S cıvatasında da aynı değişimin olduğunu göstererek iki cıvatanın ivmesinin de hareket boyunca −10 m/s² (aşağı yönlü) olduğunu açıklama **(2 puan)**. Bir cismin hızlanıp yavaşlamasını ivmenin işaretinin değil, hız ile ivmenin yönlerinin belirlediğini; hız ile ivme zıt yönlüyken (P cıvatası yükselirken) cismin yavaşladığını, aynı yönlüyken (P cıvatası düşerken, S cıvatası) hızlandığını açıklama **(1 puan)**.
- 2.3 **(4 puan)**: $v - v_0$ değerlerini üç cıvata için t = 0,6 s'de −6 m/s, t = 1,0 s'de −10 m/s olarak bulup her anda eşit olduklarını belirtme **(1 puan)**. Nedeni olarak üç cıvatanın ivmelerinin eşit olduğunu, bu nedenle eşit sürelerde hızlarının eşit miktarda değiştiğini açıklama **(1 puan)**. Serbest düşme hareketi yapan cisimlerin ivmesinin ilk hızın büyüklüğünden ve yönünden bağımsız olduğunu; hareket boyunca sabit, aşağı yönlü ve yer çekimi ivmesine eşit olduğunu genelleme **(2 puan)**.

Örnek doğru cevap:

2.1. P cıvatasının hızı 0,2 s'lik aralıklarda 0 − 2 = −2 − 0 = −4 − (−2) = … = −8 − (−6) = −2 m/s değişmektedir. R ve S cıvatalarında da her 0,2 s'deki hız değişimi −2 m/s'dir. a = Δv ÷ Δt = −2 ÷ 0,2 = −10 m/s² olduğundan üç cıvatanın da ivmesi 10 m/s² büyüklüğünde ve aşağı yönlüdür.

2.2. Görüş yanlıştır. P cıvatası (0-0,2) s aralığında yükselirken hızı +2 m/s'den 0'a, sonraki aralıklarda düşerken 0'dan −8 m/s'ye kadar her 0,2 s'de 2 m/s azalarak değişmektedir. Hız değişimi her aralıkta −2 m/s olduğu için ivme hem yükselirken hem düşerken −10 m/s²'dir; işareti değişmez. S cıvatasının hız değişimi de her aralıkta −2 m/s olduğundan onun ivmesi de −10 m/s²'dir, pozitif değildir. Hızlanma ya da yavaşlamayı ivmenin işareti değil, hız ile ivmenin yönleri belirler: P cıvatası yükselirken hızı yukarı, ivmesi aşağı yönlü (zıt yönlü) olduğu için yavaşlar; düşerken hızı ve ivmesi aşağı yönlü (aynı yönlü) olduğu için hızlanır. S cıvatası da hızı ve ivmesi aynı yönlü olduğu için hızlanır.

2.3. t = 0,6 s'de P için −4 − 2 = −6 m/s, R için −6 − 0 = −6 m/s, S için −8 − (−2) = −6 m/s; t = 1,0 s'de P için −8 − 2 = −10 m/s, R için −10 m/s, S için −12 − (−2) = −10 m/s'dir. Hızdaki değişimler her anda üç cıvata için eşittir; çünkü ivmeleri eşit olan cisimlerin hızları eşit sürelerde eşit miktarda değişir. Buna göre bir cisim ister yukarı ister aşağı doğru bir ilk hıza sahip olsun ister ilk hızsız bırakılsın, serbest düşme hareketindeki ivmesi aynıdır; ivme ilk hızın büyüklüğüne ve yönüne bağlı değildir, hareket boyunca sabittir ve yer çekimi ivmesine (g) eşittir.

Yanlış cevap: "Yukarı doğru çekilen kovadan düşen P cıvatasının ivmesi başlangıçta yukarı yönlüdür." "S cıvatası daha hızlı olduğu için ivmesi daha büyüktür." "Hızın sıfır olduğu t = 0,2 s anında P cıvatasının ivmesi de sıfırdır." gibi ifadeler ilgili ölçütten puan alamaz. İvmeyi hız değerleriyle karıştıran (ör. "S cıvatasının ivmesi −12 m/s²'dir") cevap 2.1'in ivme ölçütünden, $v - v_0$ değerlerini yalnızca son hızlar olarak yazan cevap 2.3'ün ilk ölçütünden puan alamaz. Cevap verilmemesi durumunda 0 puan verilir.

3. Doğru cevap:

- 3.1 **(4 puan)**: Yatay yer değiştirmelerin her aralıkta 1,6 m olduğunu bulma **(1 puan)**. Eşit zaman aralıklarında eşit yer değiştirme olduğu için yatay doğrultudaki hareketin sabit hızlı hareket olduğunu belirtme **(1 puan)**. Hızın yatay bileşenini $v_x = \Delta x \div \Delta t = 1{,}6 \div 0{,}2 = 8$ m/s olarak hesaplama **(2 puan)**.
- 3.2 **(5 puan)**: Düşey yer değiştirmeleri +1,2 m; +0,8 m; +0,4 m; 0; −0,4 m; −0,8 m ve ortalama düşey hızları +6 m/s; +4 m/s; +2 m/s; 0; −2 m/s; −4 m/s olarak bulma (2 puan; yalnız yer değiştirmeler doğruysa 1 puan). Ortalama düşey hızın her 0,2 s'de 2 m/s azaldığını belirterek düşey doğrultudaki hareketin sabit ivmeli hareket (serbest düşme) olduğunu ve ivmenin $a = -2 \div 0{,}2 = -10$ m/s² (aşağı yönlü) olduğunu bulma **(2 puan)**. Hızın düşey bileşeninin t = 0 anındaki değerini 7 m/s olarak bulma (ilk aralığın ortasındaki t = 0,1 s anında 6 m/s olan hızdan $v_{0y} = 6 + 10 \cdot 0{,}1 = 7$ m/s ya da $y = v_{0y} \cdot t - 5 \cdot t^2$ modelinden) **(1 puan)**.
- 3.3 **(5 puan)**: Genelleme: Yalnızca yer çekimi etkisinde iki boyutta hareket eden bir cismin hareketi birbirinden bağımsız iki bileşen olarak incelenebilir; yatay bileşen sabit hızlı harekettir ($a_x = 0$, v_x sabit), düşey bileşen ivmesi g olan sabit ivmeli harekettir (serbest düşme) ve bu iki hareketin birleşimi parabol biçiminde eğrisel bir yörünge oluşturur (2 puan; bileşenlerden yalnızca biri doğru ifade edilirse 1 puan). En yüksek noktaya $v_y = 7 - 10 \cdot t = 0$ olan t = 0,7 s anında ulaşıldığını (konumların 0,6 s ve 0,8 s'de eşit olmasından da çıkarılabilir) ve bu noktanın bırakma noktasından $7 \cdot 0{,}7 - 5 \cdot 0{,}7^2 = 2{,}45$ m yukarıda, yerden 2,0 + 2,45 = 4,45 m yükseklikte olduğunu bulma **(1 puan)**. t = 1,2 s anında hızın yatay bileşenini 8 m/s, düşey bileşenini $v_y = 7 - 10 \cdot 1{,}2 = -5$ m/s (aşağı yönlü) olarak bulma **(2 puan)**.

Örnek doğru cevap:

3.1. Gülle her 0,2 s'de yatayda 1,6 − 0 = 3,2 − 1,6 = … = 9,6 − 8,0 = 1,6 m ilerlemektedir. Eşit zaman aralıklarında eşit yer değiştirme yaptığı için gülle yatay doğrultuda sabit hızlı hareket yapar. Hızın yatay bileşeni $v_x = 1{,}6 \div 0{,}2 = 8$ m/s'dir.

3.2. Düşey yer değiştirmeler +1,2; +0,8; +0,4; 0; −0,4; −0,8 m'dir. Bu değerler 0,2 s'ye bölünerek ortalama düşey hızlar +6, +4, +2, 0, −2, −4 m/s bulunur. Ortalama düşey hız her 0,2 s'de 2 m/s azaldığı için gülle düşey doğrultuda sabit ivmeli hareket yapar; ivme $a = \Delta v \div \Delta t = -2 \div 0{,}2 = -10$ m/s²'dir, yani yer çekimi ivmesine eşittir. Sabit ivmeli harekette ortalama hız aralığın ortasındaki anlık hıza eşit olduğundan t = 0,1 s'de $v_y = 6$ m/s'dir; buradan t = 0'da $v_{0y} = 6 + 10 \cdot 0{,}1 = 7$ m/s bulunur.

3.3. Gülle yatay doğrultuda sabit hızla ilerlerken düşey doğrultuda ivmesi g olan sabit ivmeli hareket yapmaktadır; düşey hareket yatay hızdan, yatay hareket de düşey hareketten etkilenmemiştir. Buna göre yalnızca yer çekimi etkisinde iki boyutta hareket eden cisimlerin hareketi, yatayda sabit hızlı ve düşeyde sabit ivmeli iki bağımsız hareketin birleşimidir ve yörünge paraboldür. Düşey hız t = 0,7 s'de sıfır olur ($7 - 10 \cdot 0{,}7 = 0$); y'nin 0,6 s ve 0,8 s'de eşit olması da tepe anının bu iki anın ortası olduğunu gösterir. Bu anda gülle bırakma noktasından $7 \cdot 0{,}7 - 5 \cdot 0{,}49 = 2{,}45$ m yukarıda, yerden yaklaşık 2,0 + 2,45 = 4,45 m yüksektedir. t = 1,2 s'de hızın yatay bileşeni 8 m/s, düşey bileşeni 7 − 12 = −5 m/s'dir; gülle bu anda alçalmaktadır.

Yanlış cevap: "Gülle yatay doğrultuda da yavaşlar." diyen cevap 3.1'in hareket türü ölçütünden, yatay hızı 9,6 ÷ 0,2 = 48 m/s gibi konumu zaman aralığına bölerek bulan cevap hız ölçütünden puan alamaz. Düşey yer değiştirmelerin farklı olmasından "düşey hareket düzensizdir" sonucunu çıkaran cevap 3.2'nin ikinci ölçütünden puan alamaz. En yüksek noktada hızın sıfır olduğunu söyleyen (yatay bileşen 8 m/s'dir), tepe anını t = 0,6 s ya da t = 0,8 s alıp tepe yüksekliğini tablodaki 2,4 m değerinden yazan ya da yerden yüksekliği bırakma noktasına göre yükseklikle (2,45 m) karıştıran cevap 3.3'ün en yüksek nokta ölçütünden puan alamaz. Cevap verilmemesi durumunda 0 puan verilir.

4. Doğru cevap:

- 4.1 **(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.
- 4.2 **(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)**.
- 4.3 **(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:

4.1.

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.

4.2. 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.

4.3. 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 4.1'in ilgili ölçütünden puan alamaz. "Açı büyüdükçe yatay uzaklık her zaman artar." ya da "Yatay uzaklık yalnızca yatay

bileşene bağlıdır." genellemesi 4.2'nin ilgili ölçütünden puan alamaz. "En büyük yatay uzaklık 45°'de olduğu için iki antrenör de 45°'yi seçmelidir." diyen cevap 4.3'te seçim ölçütünden puan alamaz. Cevap verilmemesi durumunda 0 puan verilir.

5. Doğru cevap:

- 5.1 **(5 puan)**: Aracın Mars'taki ağırlığını G = m · g = 1000 · 3,7 = 3700 N bulma **(1 puan)**. Bileşke kuvvetleri sırasıyla 0; +500 N (yukarı); 0; −250 N (aşağı); 0 olarak bulma (2 puan; en az üçü doğruysa 1 puan). İvmeleri a = Δv ÷ Δt ile 0; +0,5 m/s²; 0; −0,25 m/s²; 0 olarak hesaplama ve her aralıkta a = F_{net} ÷ m eşitliğinin sağlandığını (500 ÷ 1000 = 0,5; 250 ÷ 1000 = 0,25) göstererek ivmenin bileşke kuvvetle aynı yönlü ve onunla doğru orantılı olduğunu belirtme **(2 puan)**.
- 5.2 **(5 puan)**: Nehir'in görüşünün yanlış olduğunu; (4-12) s aralığında itme kuvvetinin (4200 N) ağırlıktan büyük, bileşke kuvvetin 500 N ve yukarı yönlü olduğunu, aracın aşağı doğru hareket ederken bu nedenle yavaşladığını (−4 m/s'den 0'a) açıklama **(2 puan)**. Kaan'ın görüşünün yanlış olduğunu; (12-16) s aralığında itme kuvvetinin ağırlığa eşit (3700 N), bileşke kuvvetin sıfır olduğunu ve aracın bu nedenle durgun kaldığını; motorlar kapatılsaydı yalnızca ağırlık etki edeceği için aracın aşağı doğru 3,7 m/s²'lik ivmeyle hızlanarak düşeceğini açıklama **(2 puan)**. Genelleme: Bileşke kuvvet sıfır ise cisim duruyorsa durur, hareket ediyorsa sabit hızla hareketine devam eder (Newton'ın I. Hareket Yasası); bileşke kuvvet sıfırdan farklı ise cismin hızı değişir, ivmenin yönü hızın değil bileşke kuvvetin yönündedir (Newton'ın II. Hareket Yasası) **(1 puan)**.
- 5.3 **(4 puan)**: Motorların gazları aşağı doğru ittiğini, gazların da motorlara (araca) aynı büyüklükte ve yukarı yönlü bir tepki kuvveti uyguladığını; araca etki eden itme kuvvetinin bu tepki kuvveti olduğunu ve bunun için çevrede havanın bulunmasının gerekmediğini açıklama **(2 puan)**. Robot ayrıldıktan sonra aracın kütlesinin 800 kg, ağırlığının 800 · 3,7 = 2960 N olduğunu; itme kuvveti 3700 N olduğu için bileşke kuvvetin 740 N ve yukarı yönlü olacağını, bu nedenle aracın asılı kalamayıp yukarı doğru hızlanarak yükselmeye başlayacağını (a = 740 ÷ 800 ≈ 0,93 m/s²) belirtme **(2 puan)**.

Örnek doğru cevap:

5.1. Aracın Mars'taki ağırlığı G = 1000 · 3,7 = 3700 N'dur. Bileşke kuvvet F_{net} = F − G'dir: (0-4) s'de 3700 − 3700 = 0; (4-12) s'de 4200 − 3700 = +500 N (yukarı); (12-16) s'de 0; (16-20) s'de 3450 − 3700 = −250 N (aşağı); (20-24) s'de 0. Tablodaki hızlara göre ivmeler: (0-4) s'de 0; (4-12) s'de (0 − (−4)) ÷ 8 = +0,5 m/s²; (12-16) s'de 0; (16-20) s'de (−1 − 0) ÷ 4 = −0,25 m/s²; (20-24) s'de 0. Her aralıkta F_{net} ÷ m değeri (500 ÷ 1000 = 0,5 m/s², −250 ÷ 1000 = −0,25 m/s² ya da 0) ivmeye eşittir; ivme bileşke kuvvetle aynı yönlüdür ve onunla doğru orantılıdır.

5.2. Nehir'in görüşü yanlıştır. (4-12) s aralığında itme kuvveti 4200 N, ağırlık 3700 N'dur; bileşke kuvvet 500 N ve yukarı yönlüdür. Araç aşağı doğru hareket etmektedir ama bileşke kuvvet hızına zıt yönlü olduğu için yavaşlamakta, hızı −4 m/s'den 0'a inmektedir. Aşağı doğru hareket için itme kuvvetinin ağırlıktan küçük olması gerekmez. Kaan'ın görüşü de yanlıştır. (12-16) s aralığında itme kuvveti ağırlığa eşittir (3700 N); kuvvetler dengelendiği için araç durgun kalmaktadır. Motorlar kapatılsaydı araca yalnızca ağırlığı etki eder, araç 3,7 m/s²'lik ivmeyle yüzeye doğru hızlanarak düşerdi. Buna göre bileşke kuvvet sıfır olduğunda cisim durgunsa durgun kalır, hareketliyse sabit hızla hareket eder; bileşke kuvvet sıfırdan farklı olduğunda cisim bileşke kuvvet yönünde ivme kazanır. Bileşke kuvvetin yönü hareketin (hızın) yönünü değil, hız değişiminin yönünü belirler.

5.3. Roket motoru yanma sonucu oluşan gazları büyük hızla aşağı doğru iter (etki). Gazlar da motoru, dolayısıyla aracı aynı büyüklükte ve yukarı yönde iter (tepki). Aracı taşıyan itme kuvveti bu tepki kuvvetidir; motor kuvveti çevredeki havayı iterek değil, kendi püskürttüğü gazlarla etkileşerek

oluşturduğu için seyrek atmosferde ve boşlukta da çalışır. Robot ayrıldıktan sonra aracın kütlesi 800 kg, ağırlığı 800 · 3,7 = 2960 N olur. İtme kuvveti 3700 N olarak kaldığı için bileşke kuvvet 3700 − 2960 = 740 N ve yukarı yönlüdür. Araç asılı kalmaz; yaklaşık 0,93 m/s²'lik ivmeyle yukarı doğru hızlanarak yükselir.

Yanlış cevap: "(4-12) s aralığında araç aşağı indiği için bileşke kuvvet aşağı yönlüdür." "Araç asılı dururken ona hiçbir kuvvet etki etmez." "İtme kuvveti ile ağırlık etki-tepki kuvvet çiftidir." gibi ifadeler ilgili ölçütten puan alamaz. Bileşke kuvveti ağırlığı hesaba katmadan itme kuvvetine eşit alan (ör. (4-12) s'de 4200 N ve 4,2 m/s²) cevap 5.1'in bileşke kuvvet ölçütünden; "Robot ayrılınca itme kuvveti değişmediği için araç asılı kalmaya devam eder." diyen cevap 5.3'ün ikinci 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.

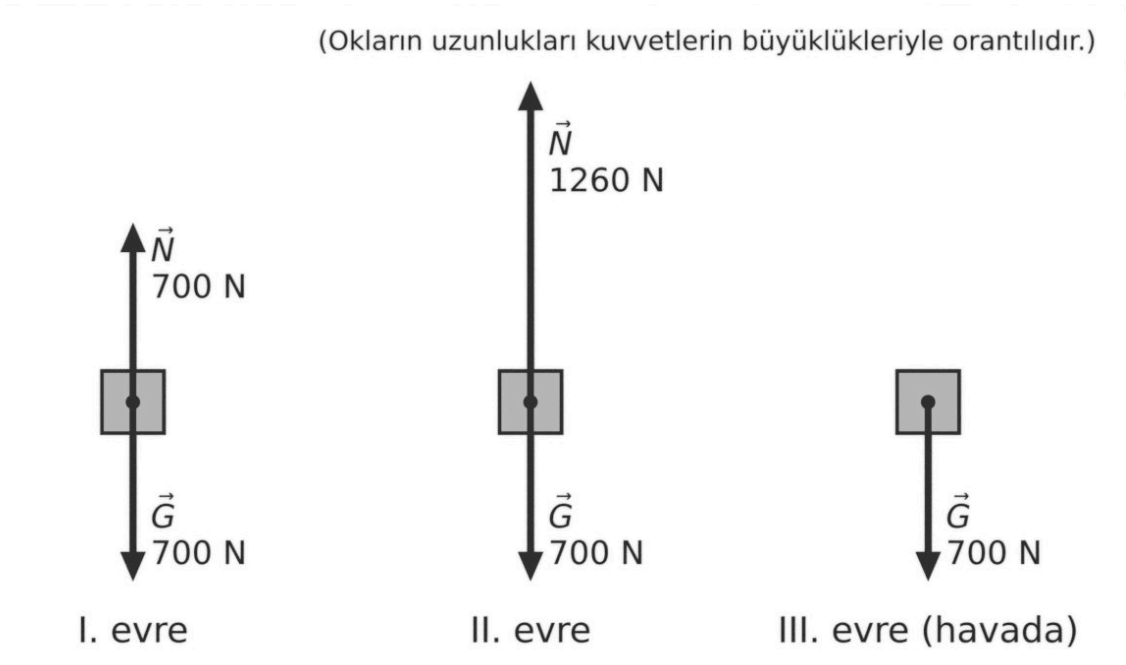
Yanlış cevap: "1. denemede itici A'da olduğu için A daha büyük kuvvet uygular." "Kütlesi büyük olan B, A'ya daha büyük kuvvet uygular." "A'nın B'ye uyguladığı kuvvet ile B'nin ağırlığı etki-tepki çiftidir." gibi ifadeler ilgili ölçütten puan alamaz. Kütleyi a ÷ F biçiminde hesaplayan cevap 6.2'nin oran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

7. Doğru cevap:

- 7.1 **(6 puan)**: Melis'e etki eden kuvvetleri Dünya'nın uyguladığı $\vec{G}$ ağırlık kuvveti ($G = m \cdot g = 700$ N, düşey aşağı) ve platform ile temas sürerken platformun uyguladığı $\vec{N}$ normal kuvveti (düşey yukarı) olarak belirleme **(2 puan)**. Serbest cisim diyagramlarını I. evrede $N = 700$ N $= G$, II. evrede $N = 1260$ N $> G$ olacak biçimde okların uzunlukları büyüklüklerle orantılı olarak; III. evrede yalnızca $G = 700$ N gösterilecek biçimde çizme (her evre 1 puan, toplam 3 puan). Kuvvetlerin cismin üzerinde (bir noktadan) ve doğru yönlerle gösterilmesi, adlarının ve büyüklüklerinin yazılması **(1 puan)**.
- 7.2 **(4 puan)**: Bileşke kuvvetleri I. evrede $700 - 700 = 0$, II. evrede $1260 - 700 = +560$ N (yukarı), III. evrede -700 N (aşağı) bulma **(1 puan)**. İvmeleri $a = F_{net} \div m$ ile I. evrede 0, II. evrede $+8$ m/s² (yukarı), III. evrede -10 m/s² (aşağı) hesaplama **(2 puan)**. Platformdan ayrılma hızını $v = a \cdot t = 8 \cdot 0{,}3 = 2{,}4$ m/s (yukarı yönlü) bulma **(1 puan)**.
- 7.3 **(4 puan)**: Görüşün yanlış olduğunu; ağırlığın Dünya'nın Melis'e uyguladığı çekim kuvveti olduğunu ve serbest cisim diyagramlarında her evrede (havadayken de) $G = m \cdot g = 700$ N olarak kaldığını, havada hızının azalmasının da bu kuvvetten kaynaklandığını; evreler arasında değişen kuvvetin platformun uyguladığı normal kuvvet olduğunu açıklama **(2 puan)**. Platformun Melis'e uyguladığı normal kuvvetin tepkisinin, Melis'in platformu aşağı doğru ittiği aynı büyüklükteki kuvvet olduğunu ve platformun bu kuvvetin büyüklüğünü gösterdiğini belirtme **(1 puan)**. Ağırlığın tepkisinin Melis'in Dünya'yı yukarı doğru çektiği kuvvet olduğunu; ağırlık ile normal kuvvetin aynı cisme (Melis'e) etki ettiği için etki-tepki çifti olamayacağını açıklama **(1 puan)**.

Örnek doğru cevap:

7.1. Melis'e Dünya'nın uyguladığı ağırlık kuvveti $\vec{G}$ ($G = 70 \cdot 10 = 700$ N, düşey aşağı) ve platformla temas ettiği sürece platformun uyguladığı normal kuvvet $\vec{N}$ (düşey yukarı) etki eder. Normal kuvvetin büyüklüğü I. ve II. evrede platformun gösterdiği değere eşittir; III. evrede Melis platforma değmediği için normal kuvvet yoktur:



7.2. I. evre: $F_{net} = N - G = 700 - 700 = 0$, $a = 0$. II. evre: $F_{net} = 1260 - 700 = 560$ N (yukarı), $a = 560 \div 70 = 8$ m/s² (yukarı). III. evre: $F_{net} = -700$ N (aşağı), $a = -700 \div 70 = -10$ m/s² (aşağı). Melis 0,3 s boyunca 8 m/s²'lik ivmeyle hızlandığı için platformdan $v = 8 \cdot 0{,}3 = 2{,}4$ m/s hızla ayrılır.

7.3. Görüş yanlıştır. Ağırlık, Dünya'nın Melis'e uyguladığı çekim kuvvetidir ve kütlesi değişmediği için üç evrede de 700 N'dur. III. evrede serbest cisim diyagramında yalnızca ağırlık bulunur; Melis'in hızı havada bu kuvvet nedeniyle azalır, yani havadayken ağırlığı sıfır değildir. Evreler arasında değişen kuvvet, platformun Melis'e uyguladığı normal kuvvettir. Newton'ın III. Hareket Yasası'na göre platformun Melis'e uyguladığı normal kuvvetin tepkisi, Melis'in platformu aşağı doğru ittiği aynı büyüklükteki kuvvettir; platform bu kuvvetin büyüklüğünü gösterir. Ağırlığın tepkisi ise Melis'in Dünya'yı yukarı doğru çektiği kuvvettir. I. evrede ağırlık ve normal kuvvet büyüklükçe eşit ve zıt yönlü olsa da ikisi de aynı cisme, Melis'e etki ettiği için etki-tepki çifti değildir.

Yanlış cevap: Serbest cisim diyagramına hareket yönünde ayrı bir "sıçrama kuvveti" eklemek, II. evrede ağırlığı 1260 N olarak çizmek ya da III. evrede ağırlığı hiç çizmemek ilgili diyagram ölçütünden puan kaybettirir. İvmeyi 1260 ÷ 70 = 18 m/s² gibi ağırlığı çıkarmadan bulan cevap 7.2'nin ivme ölçütünden puan alamaz. "Havadayken Melis'e hiçbir kuvvet etki etmez." ya da "Ağırlık ile normal kuvvet etki-tepki çiftidir." diyen cevap 7.3'ün ilgili ölçütünden puan alamaz. Cevap verilmemesi durumunda 0 puan verilir.