FİZİK

11. SINIF

YAZILIYA HAZIRLIK

1. DÖNEM - 1. ORTAK YAZILI · SENARYO 4 · 2. SÜRÜM

TYMM 2026-2027

Hazırlayan: **Murat Altun**

Bu sorular Claude tarafından hazırlanmıştır.

1. 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.

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

1.2. 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)

1.3. 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)

2. Bir sirk gösterisinde hokkabaz, labutlardan birini düşey doğrultuda yukarı doğru 5 m/s hızla atmış ama düşerken yakalayamamıştır. Labut, hokkabazın eli hizasının 1,2 m altındaki sahne zeminine çarpmıştır. Gösteriyi izleyen bir fizik öğretmeni, labutu noktasal cisim sayıp hava direncini ihmal ederek (g = 10 m/s²) aşağıdaki veri setini hazırlamıştır. Konumlar hokkabazın eli hizasına göre verilmiş (y = 0), yukarı yön pozitif (+) alınmıştır. Bazı değerler boş bırakılmıştır.

Zaman (s)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
Konum, y (m)	0	+0,8	+1,2	…	+0,8	0	−1,2
Hız, v (m/s)	+5	+3	…	−1	…	−5	…

Buna göre aşağıdaki soruları cevaplayınız.

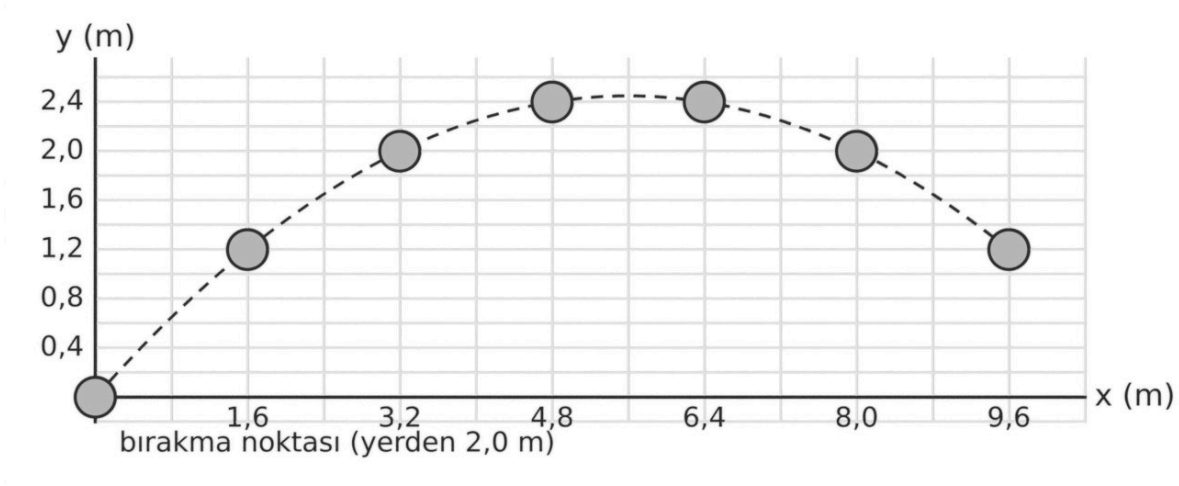
2.1. Veri setindeki boşlukları doldurunuz. Tamamladığınız veri setiyle labutun konum-zaman ve hız-zaman grafiklerini (0-1,2) s aralığı için çiziniz. (5 puan)

2.2. Gösteriyi izleyen öğrencilerden Selin "Labut en yüksek noktaya t = 0,4 s anında ulaşmıştır, çünkü veri setindeki en büyük konum değeri ilk kez bu anda görülmektedir.", Burak ise "Labutun en yüksek noktaya çıkış süresi, en yüksek noktadan el hizasına iniş süresine eşittir." demiştir. Veri setinden kanıtlar göstererek iki öğrencinin görüşünü değerlendiriniz. (4 puan)

2.3. Labutun sahne zeminine çarpma hızını önce zamandan bağımsız $v^2 = v_0^2 - 2 \cdot g \cdot y$ matematiksel modeliyle hesaplayınız. Ardından veri setinden labutun zemine hangi anda çarptığını belirleyerek bulduğunuz hızın veri setindeki değerle uyumlu olup olmadığını gösteriniz. (3 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

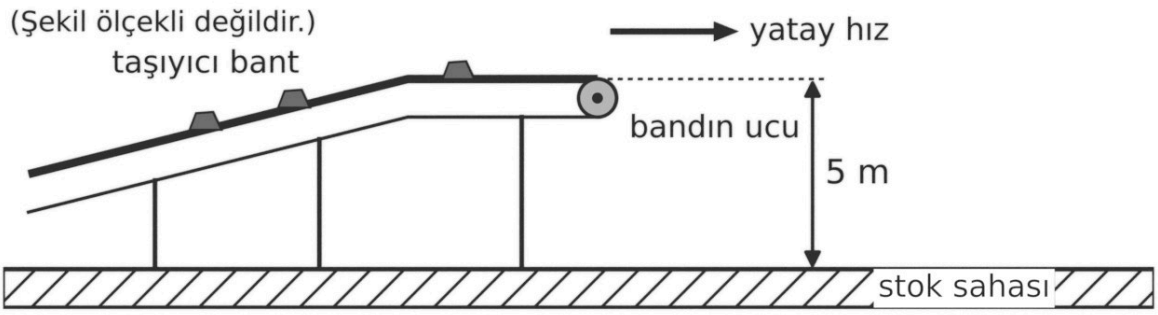


3.1. Tablodaki x değerlerinden güllenin her 0,2 s'de yatay doğrultuda ne kadar ilerlediğini bulunuz. Bu sonuca göre güllenin yatay doğrultudaki hareketini adlandırınız ve hızının yatay bileşenini hesaplayınız. (4 puan)

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 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. 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 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.

6.1. 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)

6.2. 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)

6.3. 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)

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.11.1.2. 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
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*	*16*	*14*	*18*	*14*	***100***

Bu sınav, 2026-2027 eğitim öğretim yılı 1. dönem konu-soru dağılım tablosundaki 1. ortak yazılı **Senaryo 4** 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 **(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).
- 1.2 **(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)**.
- 1.3 **(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:

1.1. 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.

1.2. 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.

1.3. 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.

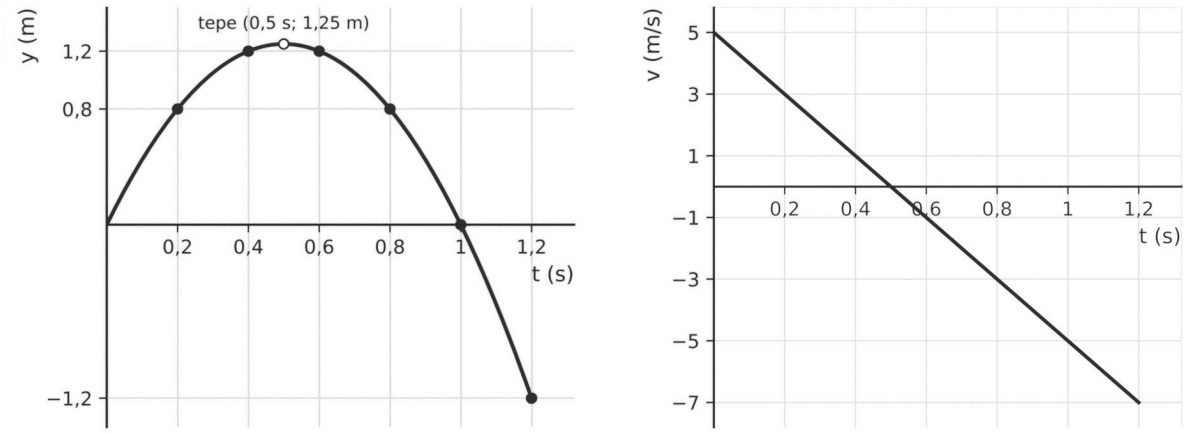
Yanlış cevap: "Yukarı doğru çekilen kovadan düşen P cıvatasının ivmesi başlangıçta yukarı yönlüdür." "S cıvatası daha hızlı olduğu için ivmesi daha büyüktür." "Hızın sıfır olduğu t = 0,2 s anında P cıvatasının ivmesi de sıfırdır." gibi ifadeler ilgili ölçütten puan alamaz. İvmeyi hız değerleriyle karıştıran (ör. "S cıvatasının ivmesi −12 m/s²'dir") cevap 1.1'in ivme ölçütünden, $v - v_0$ değerlerini yalnızca son hızlar olarak yazan cevap 1.3'ün ilk ölçütünden puan alamaz. Cevap verilmemesi durumunda 0 puan verilir.

2. Doğru cevap:

- 2.1 **(5 puan)**: Boşlukları t = 0,6 s için y = +1,2 m; t = 0,4 s için v = +1 m/s; t = 0,8 s için v = −3 m/s; t = 1,2 s için v = −7 m/s olarak doldurma (2 puan; en az iki değer doğruysa 1 puan). Konum-zaman grafiğini (0; 0), (0,2; 0,8), (0,4; 1,2), (0,6; 1,2), (0,8; 0,8), (1,0; 0), (1,2; −1,2) noktalarından geçen, tepe noktası t = 0,5 s'de (y = 1,25 m) olan bir eğri olarak çizme **(2 puan)**. Hız-zaman grafiğini (0; +5) noktasından (1,2 s; −7 m/s) noktasına uzanan, zaman eksenini t = 0,5 s'de kesen bir doğru olarak çizme **(1 puan)**.
- 2.2 **(4 puan)**: Selin'in görüşünün yanlış olduğunu belirtme ve kanıt olarak t = 0,4 s'de hızın +1 m/s (yukarı yönlü) olduğunu, yani labutun bu anda hâlâ yükseldiğini; hızın her 0,2 s'de 2 m/s azaldığını, +1 m/s'den −1 m/s'ye geçerken t = 0,5 s'de sıfır olduğunu (ya da y'nin t = 0,4 s ve t = 0,6 s'de eşit olmasından tepe noktasının bu iki anın tam ortasında olduğunu) gösterme **(2 puan)**. Burak'ın görüşünün doğru olduğunu belirtme ve kanıt olarak labutun tepe noktasına t = 0,5 s'de ulaştığını, el hizasına (y = 0) t = 1,0 s'de döndüğünü, çıkış ve inişin 0,5'er saniye sürdüğünü ya da labutun aynı konumlardan (ör. y = 0,8 m) tepe anına göre simetrik anlarda (0,2 s ve 0,8 s) geçtiğini gösterme **(2 puan)**.
- 2.3 **(3 puan)**: Modelde v_0 = 5 m/s, g = 10 m/s², y = −1,2 m kullanarak $v^2 = 5^2 - 2 \cdot 10 \cdot (-1{,}2) = 49$ ve v = 7 m/s (aşağı yönlü, −7 m/s) bulma (2 puan; model doğru kurulup işaret hatası yapılırsa 1 puan). Veri setinden labutun y = −1,2 m konumuna, yani zemine t = 1,2 s'de ve −7 m/s hızla ulaştığını belirleyerek iki sonucun uyumlu olduğunu belirtme **(1 puan)**.

Örnek doğru cevap:

2.1. $y = v_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$ ve $v = v_0 - g \cdot t$ modellerine göre t = 0,6 s'de $y = 5 \cdot 0{,}6 - 5 \cdot 0{,}36 = +1{,}2$ m; t = 0,4 s'de $v = 5 - 10 \cdot 0{,}4 = +1$ m/s; t = 0,8 s'de $v = 5 - 8 = -3$ m/s; t = 1,2 s'de $v = 5 - 12 = -7$ m/s'dir. Grafikler aşağıdaki gibidir:



2.2. Selin'in görüşü yanlıştır. Veri setinde t = 0,4 s'de labutun hızı +1 m/s'dir; hız yukarı yönlü olduğu için labut bu anda hâlâ yükselmektedir. Hız her 0,2 s'de 2 m/s azalmakta ve t = 0,4 s'de +1 m/s iken t = 0,6 s'de −1 m/s olmaktadır; bu nedenle hız t = 0,5 s'de sıfırdır ve labut en yüksek noktaya bu anda ulaşır. Labutun t = 0,4 s ve t = 0,6 s'deki konumlarının eşit (1,2 m) olması da tepe noktasının bu iki anın ortasında olduğunu gösterir. Tepe noktasının yüksekliği $5 \cdot 0{,}5 - 5 \cdot 0{,}25 = 1{,}25$ m'dir. Burak'ın görüşü doğrudur. Labut tepe noktasına t = 0,5 s'de ulaşmış, el hizasına (y = 0) t = 1,0 s'de dönmüştür; çıkış ve iniş 0,5'er saniye sürmüştür. Labut y = 0,8 m konumundan çıkarken t = 0,2 s'de, inerken t = 0,8 s'de geçmektedir; bu anlar tepe anına (0,5 s) eşit uzaklıktadır.

2.3. Model ile: $v^2 = v_0^2 - 2 \cdot g \cdot y = 5^2 - 2 \cdot 10 \cdot (-1{,}2) = 25 + 24 = 49$, v = 7 m/s; hız aşağı yönlü olduğundan v = −7 m/s'dir. Veri setinde labut t = 1,2 s'de y = −1,2 m konumunda, yani zemindedir; bu andaki hızı $v = 5 - 10 \cdot 1{,}2 = -7$ m/s'dir. İki yolla bulunan hızlar aynıdır; veri seti ile model uyumludur.

Yanlış cevap: t = 0,4 s'deki hızı "labut en yüksek noktada olduğu için sıfırdır" diye yazan cevap 2.1'in ilk ölçütünden bu değer için puan alamaz. Konum-zaman grafiğini tek bir doğru olarak, hız-zaman grafiğini tepe noktasında kırılan iki ayrı doğru olarak çizen cevap ilgili grafik ölçütünden puan alamaz. "Selin haklıdır, en büyük konum değeri 0,4 s'dedir." ya da "Burak yanılıyor; labut inerken hızlandığı için iniş daha kısa sürer." diyen cevap 2.2'nin ilgili 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.

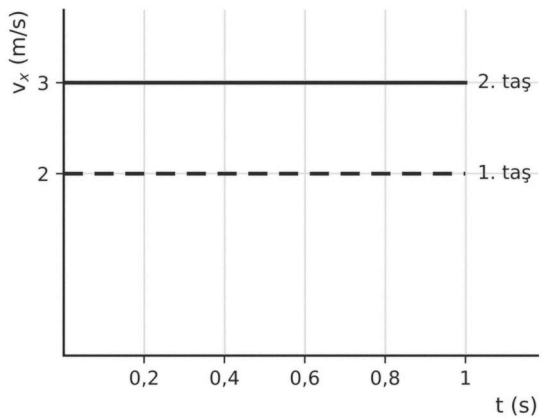
4. Doğru cevap:

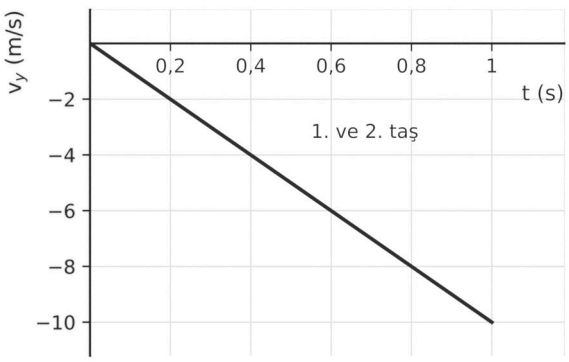
- 4.1 **(5 puan)**: İki taşın da yatay doğrultuda eşit zaman aralıklarında eşit yer değiştirme yaptığını (1. taş için her 0,2 s'de 0,4 m, 2. taş için 0,6 m) belirterek yatay doğrultuda sabit hızlı hareket yaptıklarını belirtme **(2 puan)**. Düşey doğrultuda ardışık aralıklarda alınan yolların (0,2; 0,6; 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 **(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 **(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)**.
- 6.2 **(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).
- 6.3 **(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:

6.1. 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.

6.2. 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 $144 \div 2 = 72$ m, 3. denemede $144 \div 1{,}5 = 96$ m'dir. Yüklü otobüs aynı bileşke kuvvetle daha küçük ivme kazandığı için 12 m/s'ye 24 m daha uzun yolda ulaşır.

6.3. 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.

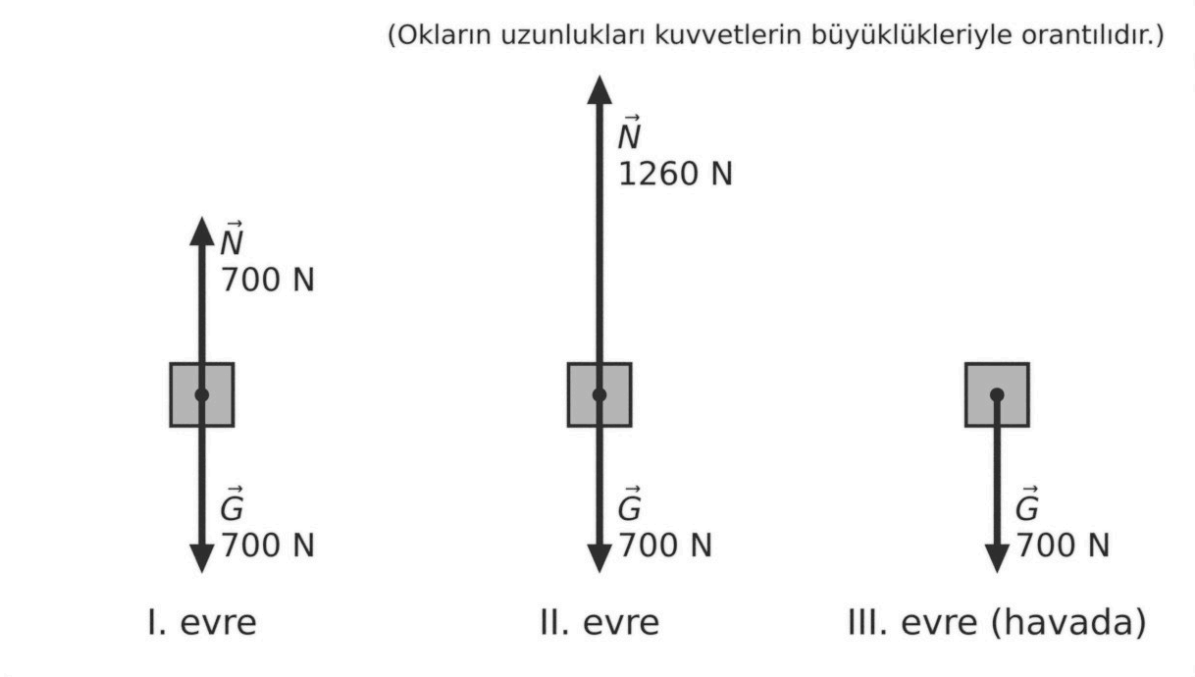
Yanlış cevap: İvmeyi 12 000 ÷ 12 gibi kuvveti süreye bölerek bulan cevap 6.1'in ilgili ölçütünden puan alamaz. "Kütle arttıkça ivme artar." ya da "Yüklü otobüs ağır olduğu için hızına daha kısa yolda ulaşır." diyen cevap 6.2'nin ilgili ölçütünden puan alamaz. "Yolcuyu geriye doğru iten bir kuvvet vardır." ya da "Sırt dayanağının yolcuya uyguladığı kuvvetin tepkisi yolcunun ağırlığıdır." diyen cevap 6.3'ün ilgili 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 ÷ 70 = 8 m/s² (yukarı). III. evre: F_{net} = −700 N (aşağı), a = −700 ÷ 70 = −10 m/s² (aşağı). Melis 0,3 s boyunca 8 m/s²'lik ivmeyle hızlandığı için platformdan v = 8 · 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.