KİMYA

11. SINIF | **YAZILIYA HAZIRLIK** | **TYMM 2026-2027**

1. DÖNEM - 1. ORTAK YAZILI · SENARYO 4

Hazırlayan: **Murat Altun**

Bu sorular Claude tarafından hazırlanmıştır.

1. Kışın buzlanan yollara serpilen kalsiyum klorür suda çözünürken ısı açığa çıkar. Spor yaralanmalarında kullanılan bazı soğuk paketlerde ise amonyum klorür ve su ayrı bölmelerde bulunur; paket sıkılınca karışım soğur. Bir grup öğrenci, bazı olaylardaki ısı değişimini incelemek için köpük bardaklarla dört deney yapmıştır. Öğrenciler her deneyde bardağa 100 mL sıvı koyup sıcaklığını ölçmüş, 5,0 g katı ekleyip karıştırmış ve termometrede okunan en yüksek ya da en düşük sıcaklığı tabloya kaydetmiştir.

Deney	Bardaktaki sıvı	Eklenen katı	İlk sıcaklık (°C)	Son sıcaklık (°C)	Gözlem
1	Su	Susuz kalsiyum klorür ($CaCl_2$)	22,0	29,6	Katı çözündü.
2	Su	Amonyum klorür (NH_4Cl)	22,0	19,0	Katı çözündü.
3	Su	Sodyum klorür (NaCl)	22,0	21,3	Katı çözündü.
4	Sirke	Sodyum bikarbonat ($NaHCO_3$)	22,0	18,2	Gaz kabarcıkları çıktı.

Buna göre aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1.1. 1, 2 ve 3. deneylerdeki bağımsız ve bağımlı değişkenleri, iki kontrol değişkeniyle birlikte yazınız. (4 puan)

1.2. Dört deneyde gerçekleşen olayları fiziksel ya da kimyasal, endotermik ya da ekzotermik olarak sınıflandırınız. Sınıflandırmalarınızın kanıtlarını deney verilerinden yazınız. (6 puan)

1.3. Deneydeki katılardan hangisini sıcak paket, hangisini soğuk paket yapımında kullanmayı önerirsiniz? Gerekçesiyle yazınız. Bir öğrenci "2. deneyde suyun sıcaklığı düştüğüne göre çözünen amonyum klorürün enerjisi azalmıştır." demiştir. Bu yargıyı sistem ve çevre kavramlarını kullanarak değerlendiriniz. (5 puan)

2. Bir öğrenci, uzun bir doğa yürüyüşünde yanına alacağı atıştırmalıkları seçmek için üç besinin etiketini incelemiştir. Besinlerin 100 gramındaki yaklaşık yağ, karbonhidrat ve protein miktarları aşağıdaki tabloda verilmiştir. Besin ögelerinin fizyolojik enerji değerleri karbonhidrat için 17 kJ/g, yağ için 38 kJ/g, protein için 17 kJ/g'dır.

Besin (100 g)	Yağ (g)	Karbonhidrat (g)	Protein (g)
Fındık içi	61	7	15
Kuru kayısı	0,5	55	3,4
Leblebi	6	50	22

Bilgi: Etiketlerde lif, karbonhidrattan ayrı gösterilir. Lifin ve suyun enerjiye katkısı bu soruda ihmal edilecektir.

Buna göre aşağıdaki soruları cevaplayınız.

2.1. Tablodaki verilere ve besin ögelerinin enerji değerlerine dayanarak üç besinin enerji kaynağı olma potansiyeline ilişkin bir hipotez oluşturunuz. Hipotezinizdeki bağımsız ve bağımlı değişkenleri belirtiniz. (4 puan)

2.2. Her besinin 100 gramının yaklaşık enerji değerini kJ cinsinden hesaplayarak hipotezinizi sınayınız. (6 puan)

2.3. Öğrenci, hipotezini deneyle de sınamak için eşit kütledeki besin örneklerini yakıp açığa çıkan ısıyla bir kaptaki suyu ısıtmayı ve suyun sıcaklık artışını ölçmeyi planlamaktadır. Bu deneyde sabit tutulması gereken iki değişkeni ve alınması gereken bir güvenlik önlemini yazınız. Deneyde suya geçen ısının hesaplanan enerji değerinden küçük çıkmasının bir nedenini açıklayınız. (5 puan)

3. Maddelerin enerji kaynağı olma potansiyelini karşılaştırmanın yollarından biri, 1 gramlarının tamamen yanmasıyla açığa çıkan ısıyı (yanma ısısını) karşılaştırmaktır. Bazı maddelerin bileşimleri ve yanma ürünlerinden su sıvı hâldeyken ölçülen yaklaşık yanma ısıları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Madde	Formül	Kütlece hidrojen yüzdesi (%)	Kütlece oksijen yüzdesi (%)	Yanma ısısı (kJ/g)
Hidrojen	H_2	100	0	142,9
Metan	CH_4	25,0	0	55,6
İzooktan (benzinin bir bileşeni)	C_8H_{18}	15,8	0	47,8
Karbon (grafit)	C	0	0	32,8
Etanol	C_2H_5OH	13,0	34,8	29,7
Metanol	CH_3OH	12,5	50,0	22,7
Asetik asit	CH_3COOH	6,7	53,3	14,6

Buna göre aşağıdaki soruları cevaplayınız.

3.1. Tablodaki verilerden yararlanarak maddelerin bileşimi ile yanma ısıları arasındaki ilişkiye yönelik iki hipotez oluşturunuz. Her hipotezi hangi verilere dayandırdığınızı yazınız. (6 puan)

3.2. Oluşturduğunuz hipotezlerden birini, tabloda bulunmayan iki madde üzerinde sınamak istiyorsunuz. Seçeceğiniz iki maddenin hangi özellikler bakımından benzer, hangi özellik bakımından farklı olması gerektiğini bir örnek vererek açıklayınız. (4 puan)

3.3. Bir öğrenci "Hidrojen, gram başına en çok ısıyı veren yakıt olduğu için evlerin ısıtılmasında doğal gaz yerine hemen kullanılmalıdır." demiştir. Bu iddiayı yanma ısısı dışındaki iki ölçütü göz önüne alarak değerlendiriniz. (5 puan)

4. Ayçiçeği yağı gibi sıvı yağların moleküllerinde karbon atomları arasında çift bağlar (C=C) bulunur. Margarin üretiminde kullanılan yöntemlerden birinde sıvı yağlar, nikel katalizörü eşliğinde hidrojen gazıyla tepkimeye sokulur; çift bağlara hidrojen katılınca yağ katılaşır. Bu işleme hidrojenleme denir. Hidrojenleme tepkimeleri küçük moleküllerle aşağıdaki gibi modellenebilir. Tepkimelerdeki tüm maddeler gaz hâlindedir.

- A tepkimesi: $H_2C{=}CH_2$ (etilen) + $H{-}H \rightarrow H_3C{-}CH_3$ (etan)
- B tepkimesi: $HC{\equiv}CH$ (asetilen) + $H{-}H \rightarrow H_2C{=}CH_2$ (etilen)
- C tepkimesi: $HC{\equiv}CH$ (asetilen) + $2H{-}H \rightarrow H_3C{-}CH_3$ (etan)

Bağ	H−H	C−H	C−C	C=C	C≡C
Ortalama bağ enerjisi (kJ/mol)	436	414	347	611	837

Buna göre aşağıdaki soruları cevaplayınız.

4.1. A, B ve C tepkimelerinin entalpi değişimlerini bağ enerjilerinden yararlanarak hesaplayınız. (6 puan)

4.2. Üç tepkimede kırılan ve oluşan bağları karşılaştırarak hidrojenleme tepkimelerinin endotermik ya da ekzotermik olmasına ilişkin bir genelleme yapınız. C tepkimesinin entalpi değişimi ile A ve B tepkimelerinin entalpi değişimleri arasındaki ilişkiyi yazınız. (5 puan)

4.3. Propen ($H_2C{=}CH{-}CH_3$) molekülüne bir H_2 molekülü katılarak propan ($H_3C{-}CH_2{-}CH_3$) oluşur. Bu tepkimenin entalpi değişimini tüm bağ enerjilerini toplamadan tahmin ediniz ve tahmininizin gerekçesini yazınız. Molekülünde üç C=C bağı bulunan bir sıvı yağın 1 molündeki çift bağların tamamına hidrojen katıldığında açığa çıkacak ısıyı tahmin ediniz. (5 puan)

4.4. Etilenin hidrojenlenmesi için deneysel olarak belirlenen entalpi değişimi −137 kJ'dür. 4.1'de hesapladığınız değerin bu değerden farklı olmasının nedenini açıklayınız. (4 puan)

5. Evlerde ve kamp ocaklarında kullanılan tüp gaz (sıvılaştırılmış petrol gazı, LPG) başlıca propan (C_3H_8) ve bütan (C_4H_{10}) gazlarının karışımıdır. Evlerde kullanılan tüplerin çoğunda 12 kg gaz bulunur. Bazı maddelerin standart oluşum entalpileri tabloda verilmiştir.

Madde	$C_3H_8(g)$	$O_2(g)$	$CO_2(g)$	$H_2O(s)$	$H_2O(g)$
$\Delta H°_f$ (kJ/mol)	−103,8	0	−393,5	−285,8	−241,8

Buna göre aşağıdaki soruları cevaplayınız. (C_3H_8: 44 g/mol, C_4H_{10}: 58 g/mol)

5.1. $C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(s)$ tepkimesinin standart tepkime entalpisini hesaplayınız. (5 puan)

5.2. $C_4H_{10}(g) + 13/2O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g) + 5H_2O(s)$ tepkimesinin standart tepkime entalpisi −2877,5 kJ'dür. Buna göre bütanın standart oluşum entalpisini hesaplayınız. (5 puan)

5.3. Propan ve bütanın 1 gramının yanmasıyla açığa çıkan ısıyı hesaplayınız. 12 kg'lık bir tüpte yalnızca propan ya da yalnızca bütan bulunduğunu varsayarak tüpteki gazın tamamen yanmasıyla açığa çıkacak ısıları karşılaştırınız. (5 puan)

5.4. Ocakta yanma sırasında oluşan su, buhar hâlinde ortama karışır. Propanın yanmasında suyun gaz hâlinde oluştuğunu kabul ederek tepkimenin standart tepkime entalpisini hesaplayınız. Bulduğunuz değeri 5.1'deki değerle karşılaştırarak farkın nedenini açıklayınız. (5 puan)

6. Havanın hacimce yaklaşık %78'i azot (N_2), %21'i oksijen (O_2) gazıdır. Azot ve oksijen gazları $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$ $\Delta H = +180{,}6$ kJ tepkimesine göre azot monoksit (NO) gazını oluşturabilir. Bu tepkimeyle ilgili bazı kanıtlar aşağıda verilmiştir.

- Kanıt 1: Havadaki N_2 ve O_2 molekülleri sürekli çarpıştığı hâlde oda koşullarında havada kendiliğinden NO oluşmaz.
- Kanıt 2: N_2 molekülündeki üçlü bağın (N≡N) enerjisi 946 kJ/mol, O_2 molekülündeki çift bağın (O=O) enerjisi 498 kJ/mol'dür.
- Kanıt 3: Şimşek çaktığında yıldırımın geçtiği yoldaki hava çok kısa sürede yaklaşık 30 000 °C'a kadar ısınır ve havada NO oluşur.
- Kanıt 4: Araç motorlarında yakıtın yandığı silindirlerde sıcaklık 2000 °C'u aşar ve egzoz gazında NO bulunur. Egzoz gazı soğuduktan sonra havada yeni NO oluşmaz.

Buna göre aşağıdaki soruları cevaplayınız.

6.1. Kanıt 1 ve Kanıt 2'yi kullanarak oda koşullarında N_2 ve O_2 molekülleri arasındaki çarpışmaların neden ürün oluşturmadığını çarpışma teorisiyle açıklayınız. (5 puan)

6.2. Kanıt 3 ve Kanıt 4'ü kullanarak bu tepkimenin gerçekleşme şartlarına ilişkin bir çıkarım yapınız. Sıcaklığın yükselmesinin tepkimenin gerçekleşmesini nasıl sağladığını eşik değeri (eşik enerjisi) kavramıyla açıklayınız. (5 puan)

6.3. Tepkimenin potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiğini çizerek ileri aktivasyon enerjisini (E_{ai}), geri aktivasyon enerjisini (E_{ag}) ve ΔH'yi grafik üzerinde gösteriniz. E_{ai} ile E_{ag}'yi karşılaştırınız. Kanıt 4'teki "Egzoz gazı soğuduktan sonra havada yeni NO oluşmaz." gözlemini tepkimenin endotermik olmasıyla ilişkilendiriniz. (5 puan)

ÖĞRENME ÇIKTILARI VE BECERİLER

SORU NO	ÖĞRENME ÇIKTISI	BECERİLER
1	KİM.11.1.1. Fiziksel ve kimyasal olaylardaki enerji değişimine ilişkin deney yapabilme	FBAB7. Deney Yapma, FBAB8. Bilimsel Çıkarım Yapma, KB2.4. Çözümleme
2	KİM.11.1.2. Maddelerin enerji kaynağı olma potansiyeline ilişkin hipotezler oluşturabilme	FBAB6. Hipotez Oluşturma, FBAB8. Bilimsel Çıkarım Yapma, KB3.3. Eleştirel Düşünme
3	KİM.11.1.2. Maddelerin enerji kaynağı olma potansiyeline ilişkin hipotezler oluşturabilme	FBAB6. Hipotez Oluşturma, FBAB8. Bilimsel Çıkarım Yapma, KB3.3. Eleştirel Düşünme
4	KİM.11.1.3. Bağ enerjileri temelinde tepkimelerin entalpi değişimine ilişkin tümevarımsal akıl yürütebilme	FBAB10. Tümevarımsal Akıl Yürütme, KB2.4. Çözümleme
5	KİM.11.1.4. Kimyasal tepkimelerin standart tepkime entalpilerini standart oluşum entalpi verilerini kullanarak tahmin edebilme	FBAB4. Bilimsel Veriye Dayalı Tahmin, KB2.4. Çözümleme, KB3.2. Problem Çözme
6	KİM.11.1.5. Kimyasal tepkimelerin gerçekleşme şartlarını açıklamak için kanıt kullanabilme	FBAB12. Kanıt Kullanma, FBAB8. Bilimsel Çıkarım Yapma, KB2.14. Yorumlama

PUANLAMA TABLOSU						
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**TOPLAM**
15	*15*	*15*	*20*	*20*	*15*	***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. 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)**: Bağımsız değişken: suda çözünen katının türü **(1 puan)**. Bağımlı değişken: suyun sıcaklık değişimi (son sıcaklık) **(1 puan)**. Kontrol değişkenleri: katının kütlesi (5,0 g), suyun hacmi (100 mL), suyun ilk sıcaklığı (22,0 °C), bardağın türü, karıştırma biçimi ve kullanılan termometre gibi değişkenlerden ikisi (2 puan; her biri 1 puan).
- 1.2 **(6 puan)**: 1, 2 ve 3. deneylerdeki olayların çözünme olduğunu, yeni madde oluşmadığı için fiziksel olay olduğunu; 4. deneydeki gaz çıkışının yeni bir madde (karbon dioksit) oluştuğunu gösterdiğini ve bu olayın kimyasal olay (tepkime) olduğunu belirtme **(2 puan)**. 1. deneyde sıcaklık arttığı için çözünmenin ekzotermik olduğunu **(1 puan)**, 2. deneyde **(1 puan)** ve 3. deneyde **(1 puan)** sıcaklık azaldığı için çözünmelerin endotermik olduğunu, 4. deneyde sıcaklık azaldığı için tepkimenin endotermik olduğunu **(1 puan)** belirtme. (3. deneydeki sıcaklık değişimi küçük olsa da olay endotermiktir.)
- 1.3 **(5 puan)**: Sıcak paket için kalsiyum klorürün, çözünürken çevreye ısı verdiği ve sıcaklığı en çok artıran madde olduğu için önerilmesi **(1 puan)**; soğuk paket için amonyum klorürün, çözünürken çevreden ısı aldığı ve sıcaklığı belirgin biçimde düşürdüğü (sodyum klorürdeki düşüşün çok küçük olduğu) için önerilmesi **(1 puan)**. Yargının yanlış olduğunu belirterek çözünen amonyum klorürün (sistem) sudan ve bardaktan (çevre) ısı aldığını, bu nedenle sistemin enerjisinin arttığını, çevrenin enerjisinin azaldığını ve termometrenin çevrenin (suyun) sıcaklığındaki düşüşü gösterdiğini açıklama **(3 puan)**.

Örnek doğru cevap:

1.1. Bağımsız değişken suda çözünen katının türüdür. Bağımlı değişken suyun sıcaklık değişimidir. Kontrol değişkenleri katının kütlesi (5,0 g) ve suyun hacmidir (100 mL).

1.2. 1, 2 ve 3. deneylerde katılar suda çözünmüştür; yeni madde oluşmadığı için bu olaylar fizikseldir. 1. deneyde sıcaklık 22,0 °C'tan 29,6 °C'a yükseldiği için olay ekzotermiktir. 2. ve 3. deneylerde sıcaklık düştüğü için olaylar endotermiktir. 4. deneyde gaz kabarcıkları çıkmıştır; yeni bir madde oluştuğu için olay kimyasaldır ve sıcaklık 18,2 °C'a düştüğü için endotermiktir.

1.3. Sıcak paket için kalsiyum klorür kullanılmalıdır çünkü çözünürken çevresine ısı verir ve sıcaklığı en çok artıran maddedir. Soğuk paket için amonyum klorür kullanılmalıdır çünkü çözünürken çevresinden ısı alır ve sıcaklığı belirgin biçimde düşürür. Öğrencinin yargısı yanlıştır. Çözünen amonyum klorür sistemdir; çözünürken çevreden yani sudan ısı alır. Bu nedenle sistemin enerjisi artar, çevrenin enerjisi azalır. Termometrede ölçülen düşüş, ısı veren çevrenin (suyun) soğumasını gösterir.

Yanlış cevap: Bağımsız değişken olarak "sıcaklık", bağımlı değişken olarak "katının türü" yazmak; çözünmeleri kimyasal olay olarak sınıflandırmak; sıcaklığı düşen deneyleri ekzotermik olarak belirtmek; 4. deneydeki gaz çıkışını kaynama olarak açıklamak; soğuk paket için kalsiyum klorürü önermek; endotermik olayda sistemin enerjisinin azaldığını kabul etmek yanlış kabul edilir. Yetersiz, yanlış ve belirsiz cevaplar puan almaz. Cevap verilmemesi durumunda 0 puan verilir.

2. Doğru cevap:

- 2.1 **(4 puan)**: Yağın gram başına enerji değerinin (38 kJ/g) karbonhidrat ve proteininkinden (17 kJ/g) yaklaşık iki kat büyük olmasına dayanan, sınanabilir bir hipotez yazma **(2 puan)**. Örneğin "Yağ oranı yüksek olan besinin birim kütlesinin enerji değeri daha büyüktür; bu nedenle fındık içi en fazla enerjiyi verir." Bağımsız değişken: besinin yağ oranı (bileşimi) **(1 puan)**. Bağımlı değişken: besinin birim kütlesinin enerji değeri **(1 puan)**.
- 2.2 **(6 puan)**:
  - Fındık içi: 61 · 38 + 7 · 17 + 15 · 17 = 2318 + 119 + 255 = 2692 kJ **(2 puan)**
  - Kuru kayısı: 0,5 · 38 + 55 · 17 + 3,4 · 17 = 19 + 935 + 57,8 = 1011,8 kJ, yaklaşık 1012 kJ **(2 puan)**
  - Leblebi: 6 · 38 + 50 · 17 + 22 · 17 = 228 + 850 + 374 = 1452 kJ **(1 puan)**
  - Enerji değerlerinin fındık içi > leblebi > kuru kayısı şeklinde sıralandığını ve sonucun hipotezi desteklediğini belirtme **(1 puan)**. (Hipotezi farklı kuran öğrencinin hesap sonuçlarına göre hipotezini doğru biçimde destekleyip desteklemediğini belirtmesi de kabul edilir.)
- 2.3 **(5 puan)**: Sabit tutulacak değişkenlerden ikisi: besin örneğinin kütlesi, suyun kütlesi (hacmi), suyun ilk sıcaklığı, kabın türü, alev ile kap arasındaki uzaklık (2 puan; her biri 1 puan). Güvenlik önlemlerinden biri: koruyucu gözlük ve ısıya dayanıklı eldiven kullanmak, yanıcı maddelerden uzak ve iyi havalandırılan bir ortamda öğretmen gözetiminde çalışmak, besin alerjisi (ör. fındık alerjisi) olan öğrencilerin örneklerle temas etmemesini sağlamak **(1 puan)**. Nedenlerden biri: açığa çıkan ısının bir kısmının havaya ve kaba geçmesi, besinin tamamen yanmaması (is oluşması) **(2 puan)**.

Örnek doğru cevap:

2.1. Hipotezim: "Yağ oranı yüksek olan besinin 100 gramı daha fazla enerji verir." Yağın gram başına enerji değeri karbonhidrat ve proteinin iki katından fazladır; bu nedenle fındık içinin en fazla enerjiyi vereceğini düşünüyorum. Bağımsız değişken besinin yağ oranı, bağımlı değişken besinin 100 gramının enerji değeridir.

2.2. Fındık içi: 61 · 38 + 7 · 17 + 15 · 17 = 2692 kJ. Kuru kayısı: 0,5 · 38 + 55 · 17 + 3,4 · 17 ≈ 1012 kJ. Leblebi: 6 · 38 + 50 · 17 + 22 · 17 = 1452 kJ. Yağ oranı en yüksek olan fındık içi en fazla enerjiyi verdiği için hipotezim desteklenmiştir.

2.3. Besin örneklerinin kütlesi ve kaptaki suyun kütlesi sabit tutulmalıdır. Deney koruyucu gözlükle, yanıcı maddelerden uzakta yapılmalı; fındık alerjisi olan öğrenciler örneklere dokunmamalıdır. Yanan besinin verdiği ısının bir kısmı suya değil havaya ve kaba geçtiği için suya geçen ısı hesaplanan enerji değerinden küçük çıkar.

Yanlış cevap: "Karbonhidrat oranı yüksek olan besin daha çok enerji verir." gibi verilere ve enerji değerlerine aykırı hipotezler kurmak; bağımsız değişken olarak "enerji değeri" yazmak; besin ögelerinin kütlelerini enerji değerleriyle çarpmadan toplamak (ör. fındık için 61 + 7 + 15 = 83); kontrol değişkeni olarak besinin türünü yazmak; ölçülen ısının küçük çıkmasını "termometrenin bozuk olması" ile açıklamak yanlış kabul edilir. Yetersiz, yanlış ve belirsiz cevaplar puan almaz. Cevap verilmemesi durumunda 0 puan verilir.

3. Doğru cevap:

- 3.1 **(6 puan)**: Her hipotez için değişkenler arasındaki ilişkiyi sınanabilir biçimde belirten hipotez cümlesi **(2 puan)** ve dayandığı verinin yazılması **(1 puan)**. Hipotez 1 **(3 puan)**: "Molekülünde oksijen bulunmayan yakıtlarda kütlece hidrojen yüzdesi arttıkça yanma ısısı artar." Dayanak: H_2 > CH_4 > C_8H_{18} > C sıralaması hem hidrojen yüzdesinde hem yanma ısısında aynıdır. Hipotez 2 **(3 puan)**: "Maddenin kütlece oksijen yüzdesi arttıkça yanma ısısı azalır." ya da "Oksijen içeren maddelerin yanma ısısı, oksijen içermeyen yakıtlarınkinden düşüktür." Dayanak: Etanol (%34,8 O) > metanol (%50,0 O) > asetik asit (%53,3 O) sıralamasında yanma ısısı 29,7 → 22,7 → 14,6 kJ/g olarak azalır. Verilerle tutarlı başka hipotezler de kabul edilir.
- 3.2 **(4 puan)**: İki maddenin sınanan değişken dışındaki özellikler (karbon atomu sayısı, fiziksel hâl gibi) bakımından benzer, yalnızca sınanan değişken bakımından farklı olması gerektiğini açıklama **(2 puan)**. Uygun örnek: Hipotez 2 için iki karbonlu etan (C_2H_6) ve etanol (C_2H_5OH); Hipotez 1 için oksijen içermeyen etan (C_2H_6) ve asetilen (C_2H_2) **(1 puan)**. Karşılaştırılacak verinin iki maddenin 1 gramının yanma ısısı olduğunu belirtme **(1 puan)**.
- 3.3 **(5 puan)**: İddianın yalnızca yanma ısısına dayandığı için eksik olduğunu belirtme **(1 puan)**. Şu ölçütlerden ikisini hidrojenle ilişkilendirerek açıklama (4 puan; her biri 2 puan): Depolama ve taşıma (çok hafif bir gaz olduğu için yüksek basınçta ya da çok düşük sıcaklıkta depolanır; sızıntı ve tutuşma riski yüksektir, mevcut tesisat doğrudan uygun olmayabilir). Elde edilme ve maliyet (doğada serbest hâlde bulunmaz, üretimi enerji gerektirir; günümüzde büyük bölümü fosil yakıtlardan üretilir, yenilenebilir enerjiyle üretimi henüz pahalıdır). Çevresel etki (yanınca yalnızca su oluşur; ancak fosil yakıtlardan üretilirse üretim sırasında CO_2 açığa çıkar).

Örnek doğru cevap:

3.1. Hipotez 1: Oksijen içermeyen yakıtlarda kütlece hidrojen yüzdesi arttıkça yanma ısısı artar (H_2 > CH_4 > C_8H_{18} > C). Hipotez 2: Maddenin kütlece oksijen yüzdesi arttıkça yanma ısısı azalır (etanol > metanol > asetik asit).

3.2. Hipotez 2'yi sınamak için karbon atomu sayısı ve fiziksel hâli benzer, yalnızca birinde oksijen bulunan iki madde seçilmelidir. Örneğin etan (C_2H_6) ile etanolün (C_2H_5OH) 1 gramlarının yanma ısıları karşılaştırılabilir.

3.3. İddia yalnızca yanma ısısını dikkate aldığı için eksiktir. Hidrojen çok hafif bir gaz olduğundan yüksek basınçlı tanklarda depolanmalıdır ve sızıntıda kolayca tutuşabilir. Ayrıca doğada serbest hâlde bulunmaz; günümüzde büyük bölümü doğal gazdan üretildiği için üretiminde CO_2 açığa çıkar ve yenilenebilir enerjiyle üretimi pahalıdır. Bu nedenle doğal gazın yerine hemen kullanılması uygun değildir.

Yanlış cevap: "Bazı maddeler çok enerji verir." gibi değişken içermeyen, sınanamayan ifadeleri ya da verilere aykırı ifadeleri hipotez olarak yazmak; sınama için birçok özelliği farklı iki madde (ör. glikoz ve propan) seçmek; iddiayı yalnızca "Hidrojen en çok ısıyı verdiği için iddia doğrudur." diyerek onaylamak yanlış kabul edilir. Yetersiz, yanlış ve belirsiz cevaplar puan almaz. Cevap verilmemesi durumunda 0 puan verilir.

4. Doğru cevap:

- 4.1 **(6 puan)**: ΔH = ΣKırılan bağ enerjisi − ΣOluşan bağ enerjisi. A: (611 + 436) − (347 + 2 · 414) = 1047 − 1175 = −128 kJ **(2 puan)**. B: (837 + 436) − (611 + 2 · 414) = 1273 − 1439 = −166 kJ **(2 puan)**. C: (837 + 2 · 436) − (347 + 4 · 414) = 1709 − 2003 = −294 kJ **(2 puan)**. Tepken ve ürünlerdeki tüm bağlar yazılarak yapılan hesaplama da aynı sonucu verir ve tam puan alır.
- 4.2 **(5 puan)**: Genelleme: Hidrojenleme tepkimelerinde karbon atomları arasındaki çoklu bağ ile H−H bağı kırılır, yerlerine yeni C−H bağları ile tekli ya da ikili karbon-karbon bağı oluşur; oluşan bağların enerjileri toplamı kırılan bağlarınkinden büyük olduğu için çoklu bağa hidrojen katılması ekzotermiktir (ΔH < 0) **(3 puan)**. İlişki: ΔH(C) = ΔH(A) + ΔH(B), yani −294 = (−128) + (−166); C tepkimesi, B ve A tepkimelerinin art arda gerçekleşmesine eş değerdir **(2 puan)**.
- 4.3 **(5 puan)**: Propende de yalnızca bir C=C ve bir H−H bağı kırılıp bir C−C ve iki C−H bağı oluştuğu, moleküldeki diğer bağlar değişmediği için ΔH'nin A tepkimesiyle aynı, yaklaşık −128 kJ olacağını tahmin etme (3 puan; tahmin 1 puan, gerekçe 2 puan). Üç C=C bağına hidrojen katılması: 3 · 128 ≈ 384 kJ ısı açığa çıkar (ΔH ≈ −384 kJ) **(2 puan)**.
- 4.4 **(4 puan)**: Tablodaki değerlerin, aynı tür bağın farklı moleküllerdeki enerjilerinin ortalaması olduğunu; bir bağın enerjisinin bağın bulunduğu moleküle göre değiştiğini (ör. etilendeki C−H bağı ile etandaki C−H bağının enerjileri farklıdır), bu nedenle ortalama bağ enerjileriyle hesaplanan değerin yaklaşık olduğunu açıklama (4 puan; yalnızca "bağ enerjileri ortalama değerdir" denip açıklama yapılmazsa 2 puan).

Örnek doğru cevap:

4.1. A: −128 kJ, B: −166 kJ, C: −294 kJ (işlemler yukarıdaki gibidir).

4.2. Üç tepkimede de oluşan bağların enerjileri toplamı kırılan bağlarınkinden büyüktür; bu nedenle çoklu bağa hidrojen katılması ekzotermiktir. C tepkimesinin entalpi değişimi A ve B tepkimelerininkinin toplamıdır: −128 + (−166) = −294 kJ.

4.3. Propenin hidrojenlenmesinde de yalnızca bir C=C ve bir H−H bağı kırılır, bir C−C ve iki C−H bağı oluşur; diğer bağlar değişmez. Bu nedenle ΔH yaklaşık −128 kJ'dür. Üç çift bağ içeren 1 mol yağın tamamen hidrojenlenmesinde yaklaşık 3 · 128 = 384 kJ ısı açığa çıkar.

4.4. Tablodaki bağ enerjileri farklı moleküllerdeki aynı tür bağların ortalamasıdır; bir bağın enerjisi bulunduğu moleküle göre biraz değişir. Bu nedenle hesaplanan −128 kJ, deneysel değer olan −137 kJ'e yakın ama ondan farklıdır.

Yanlış cevap: ΔH'yi "oluşan − kırılan" şeklinde hesaplayıp pozitif değerler bulmak; A tepkimesinde C=C bağının kırılmasını ya da C−C bağının oluşumunu hesaba katmamak; hidrojenleme tepkimelerini endotermik olarak genellemek; propenin hidrojenlenmesinde molekül büyüdüğü için ΔH'nin de büyüyeceğini tahmin etmek; üç çift bağ için yalnızca −128 kJ yazmak; farkı "ölçüm hatası" ile açıklamak yanlış kabul edilir. Yetersiz, yanlış ve belirsiz cevaplar puan almaz. Cevap verilmemesi durumunda 0 puan verilir.

5. Doğru cevap:

- 5.1 **(5 puan)**: $\Delta H^\circ_{tepkime} = \Sigma n\Delta H^\circ_f$(ürünler) − $\Sigma n\Delta H^\circ_f$(tepkenler) bağıntısını doğru kurma: [3 · (−393,5) + 4 · (−285,8)] − [(−103,8) + 5 · 0] **(2 puan)**; işlem: −1180,5 − 1143,2 + 103,8 **(2 puan)**; sonuç: ΔH° = −2219,9 kJ **(1 puan)**.
- 5.2 **(5 puan)**: −2877,5 = [4 · (−393,5) + 5 · (−285,8)] − [$\Delta H^\circ_f(C_4H_{10})$ + 0] eşitliğini kurma **(2 puan)**. −2877,5 = −1574 − 1429 − $\Delta H^\circ_f(C_4H_{10})$ → $\Delta H^\circ_f(C_4H_{10})$ = −3003 + 2877,5 = −125,5 kJ/mol **(3 puan)**.
- 5.3 **(5 puan)**: Propan: 2219,9 ÷ 44 ≈ 50,5 kJ/g; bütan: 2877,5 ÷ 58 ≈ 49,6 kJ/g **(2 puan)**. 12 kg = 12 000 g; yalnızca propan: 12 000 · 2219,9 ÷ 44 ≈ 6,05 · 10^5 kJ; yalnızca bütan: 12 000 · 2877,5 ÷ 58 ≈ 5,95 · 10^5 kJ **(2 puan)**. Karşılaştırma: Propan yaklaşık %2 daha fazla ısı verir; iki gazın gram başına yanma ısıları birbirine çok yakın olduğu için tüpteki karışım oranı açığa çıkan ısıyı çok az değiştirir **(1 puan)**.
- 5.4 **(5 puan)**: ΔH° = [3 · (−393,5) + 4 · (−241,8)] − (−103,8) = −1180,5 − 967,2 + 103,8 = −2043,9 kJ **(2 puan)**. Su gaz hâlinde oluştuğunda açığa çıkan ısı 2219,9 − 2043,9 = 176 kJ daha azdır **(1 puan)**. Neden: Su buharının entalpisi sıvı sudan yüksektir ($\Delta H^\circ_f(H_2O(g)) > \Delta H^\circ_f(H_2O(s))$); 4 mol su buharı yoğunlaşsaydı açığa çıkacak 4 · 44 = 176 kJ ısı ürünlerde kalır. Ürünlerin fiziksel hâli tepkime entalpisini değiştirir **(2 puan)**.

Örnek doğru cevap:

5.1. ΔH° = [3 · (−393,5) + 4 · (−285,8)] − [(−103,8) + 5 · 0] = −2323,7 + 103,8 = −2219,9 kJ.

5.2. −2877,5 = [4 · (−393,5) + 5 · (−285,8)] − $\Delta H^\circ_f(C_4H_{10})$. −2877,5 = −3003 − $\Delta H^\circ_f(C_4H_{10})$. Buradan $\Delta H^\circ_f(C_4H_{10})$ = −125,5 kJ/mol bulunur.

5.3. Propan: 2219,9 ÷ 44 ≈ 50,5 kJ/g. Bütan: 2877,5 ÷ 58 ≈ 49,6 kJ/g. 12 kg propan yaklaşık 12 000 · 50,45 ≈ 605 000 kJ, 12 kg bütan yaklaşık 12 000 · 49,6 ≈ 595 000 kJ ısı verir. Propan biraz daha fazla ısı verir ama fark çok küçüktür; bu nedenle tüpteki propan-bütan oranı tüpten elde edilen ısıyı çok az etkiler.

5.4. ΔH° = [3 · (−393,5) + 4 · (−241,8)] − (−103,8) = −2043,9 kJ. Bu değer −2219,9 kJ'den 176 kJ daha azdır. Su buharının potansiyel enerjisi sıvı sudan yüksektir. Su sıvı hâlde oluşsaydı buharın yoğunlaşmasıyla açığa çıkacak ısı, su buhar olarak kaldığında açığa çıkmaz. Bu nedenle ürünün fiziksel hâli tepkime entalpisini etkiler.

Yanlış cevap: Hesaplamayı "tepkenler − ürünler" şeklinde kurup +2219,9 kJ bulmak; O_2'nin oluşum entalpisine değer vermek; katsayıları kullanmamak; 5.2'de bütanın oluşum entalpisini işaret hatasıyla +125,5 kJ/mol bulmak; gram başına ısıyı molar kütleyle çarparak bulmak; 12 kg'ı grama çevirmemek; su buharı oluştuğunda daha fazla ısı açığa çıktığını yazmak ya da fiziksel hâlin tepkime entalpisini etkilemediğini söylemek yanlış kabul edilir. Yetersiz, yanlış ve belirsiz cevaplar puan almaz. Cevap verilmemesi durumunda 0 puan verilir.

6. Doğru cevap:

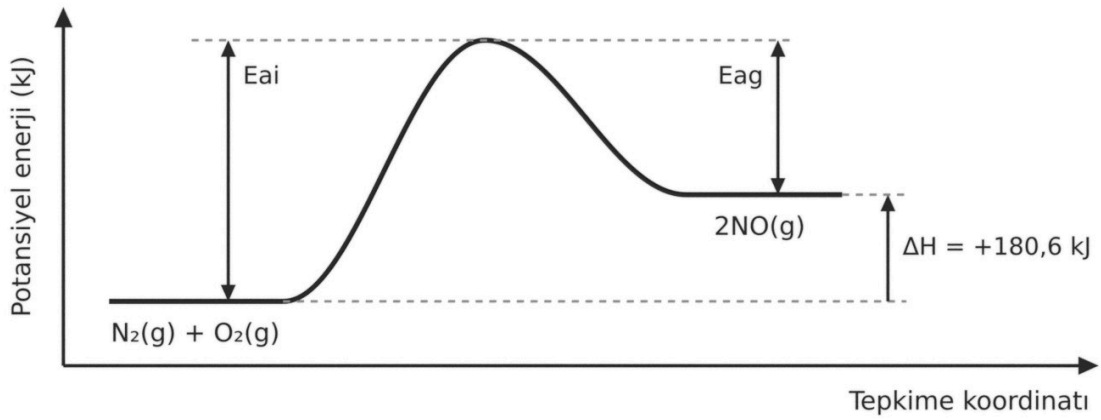
- 6.1 **(5 puan)**: Ürün oluşması için çarpışmanın etkin olması, yani moleküllerin uygun geometride ve eşik değerine eşit ya da ondan büyük kinetik enerjiyle çarpışması gerektiğini belirtme **(2 puan)**. N≡N ve O=O bağları çok güçlü olduğundan bu bağları kırmak için çok enerji gerektiğini, tepkimenin aktivasyon enerjisinin yüksek olduğunu belirtme **(2 puan)**. Oda sıcaklığında moleküllerin kinetik enerjisi eşik değerine ulaşmadığı için çarpışmaların etkin olmadığını açıklama **(1 puan)**.
- 6.2 **(5 puan)**: Tepkimenin yalnızca çok yüksek sıcaklıkta, yani moleküllere çok enerji sağlandığında gerçekleştiği çıkarımı **(2 puan)**. Sıcaklık arttıkça moleküllerin ortalama kinetik enerjisinin ve eşik değerini aşan molekül sayısının arttığını, etkin çarpışmalarla NO oluştuğunu açıklama **(3 puan)**.
- 6.3 **(5 puan)**: Grafikte ürünün (2NO) tepkenlerden yüksek çizilmesi; E_{ai}, E_{ag} ve ΔH'nin doğru gösterilmesi **(3 puan)**. $E_{ai} > E_{ag}$ olduğunu belirtme **(1 puan)**. Endotermik tepkimenin sürmesi için sürekli enerji gerektiğini, gaz soğuyunca bu enerji sağlanmadığı için NO oluşumunun durduğunu açıklama **(1 puan)**.

Örnek doğru cevap:

6.1. Ürün oluşması için moleküller uygun geometride ve eşik değerine ulaşan kinetik enerjiyle çarpışmalıdır. N≡N ve O=O bağları çok güçlü olduğundan bu bağları kırmak için çok enerji gerekir, yani aktivasyon enerjisi yüksektir. Oda sıcaklığında moleküllerin kinetik enerjisi bu eşiğe ulaşmadığı için çarpışmalar etkin olmaz.

6.2. Tepkime yalnızca sıcaklığın çok yüksek olduğu ortamlarda gerçekleşir. Sıcaklık arttıkça eşik değerini aşan molekül sayısı artar, etkin çarpışmalar olur ve NO oluşur.

6.3. Tepkime endotermik olduğundan ürünün potansiyel enerjisi tepkenlerinkinden yüksektir ve $E_{ai} > E_{ag}$'dir. Endotermik tepkimenin sürmesi için sürekli enerji gerekir; egzoz gazı soğuyunca bu enerji sağlanmadığı için yeni NO oluşmaz.



Yanlış cevap: "Azot ve oksijen birbirine hiç çarpmaz." demek; sıcaklık artışının aktivasyon enerjisini düşürdüğünü yazmak; grafikte ürünü tepkenlerden düşük çizmek ya da E_{ag}'yi E_{ai}'den büyük göstermek; endotermik tepkimenin kendiliğinden devam edeceğini söylemek yanlış kabul edilir. Yetersiz, yanlış ve belirsiz cevaplar puan almaz. Cevap verilmemesi durumunda 0 puan verilir.