

## 2. TEMA: GEN

### Biyoloji Dersi (12.Sınıf)

Bu temanın içeriğini nükleik asitler, gen ifadesi, kalıtımın temel ilkeleri ve biyoteknolojinin uygulama alanları oluşturmaktadır. Tema kapsamında öğrencilerin nükleik asitlerin yapısını ve canlılığındaki rolünü sorgulamaları, DNA replikasyonunun modelini oluşturmaları, genetik yapıdaki değişikliklerin canlı yaşamına etkilerini değerlendirmeleri, kalıtım ile ilgili problemleri çözmeleri, eşeye bağlı kalıtım konusunda akıl yürütmeleri ve biyoteknolojinin uygulama alanlarını etik açıdan değerlendirmeleri amaçlanmaktadır.

### Ders Saati

69

### Alan Becerileri

FBAB7. Deney Yapma, FBAB9. Bilimsel Model Oluşturma, FBAB10. Tümevarımsal Akıl Yürütme

### Kavramsal Beceriler

KB2.4. Çözümleme, KB2.6. Bilgi Toplama, KB2.8. Sorgulama, KB3.2. Problem Çözme, KB3.3. Eleştirel Düşünme

### Eğilimler

E1.1. Merak, E1.2. Bağımsızlık, E1.3. Azim ve Kararlılık, E2.2. Sorumluluk, E3.2. Odaklanma, E3.3. Yaratıcılık, E3.5. Açık Fikirlilik, E3.6. Analistik Düşünme, E3.7. Sistematik Olma, E3.8. Soru Sorma, E3.9. Şüphe Duyma, E3.10. Eleştirel Bakma, E3.11. Özgün Düşünme

### ▷ Programlar Arası Bileşenler

### Sosyal-Duygusal Öğrenme Becerileri

SDB2.1. İletişim, SDB2.2. İş Birliği, SDB2.3. Sosyal Farkındalık, SDB3.3. Sorumlu Karar Verme

### Değerler

D2. Aile Bütünlüğü, D5. Duyarlılık, D13. Sağlıklı Yaşam, D14. Saygı, D16. Sorumluluk

### Okuryazarlık Becerileri

OB1. Bilgi Okuryazarlığı, OB2. Dijital Okuryazarlık, OB4. Görsel Okuryazarlık, OB7. Veri Okuryazarlığı

## Disiplinler Arası İlişkiler

Fizik, Kimya, Matematik, Coğrafya

## Beceriler Arası İlişkiler

KB3.1. Karar Verme

## Öğrenme Çıktıları ve Süreç Bileşenleri

### **BİY.12.2.1. Nükleik asitlerin yapısını ve canlılıktaki rolünü sorgulayabilme**

- a) Nükleik asitlerin yapısı ve canlılıktaki rolü hakkında merak ettiği konuları belirler.
- b) Nükleik asitlerin yapısı ve canlılıktaki rolü hakkında sorular sorar.
- c) Nükleik asitlerin yapısı ve canlılıktaki rolü ile ilgili bilgi toplar.
- ç) Topladığı bilgilerin doğruluğunu değerlendirir.
- d) Topladığı bilgilerden hareketle çözüm yapar.

### **BİY.12.2.2. DNA replikasyonunun bilimsel modelini oluşturabilme**

- a) DNA replikasyonunu modeller.
- b) Gerektiğinde DNA replikasyonunun birden fazla modelini oluşturur.
- c) Oluşturduğu DNA replikasyonu modelini diğer bilimsel modellerle karşılaştırır.
- ç) Karşılaştırma sürecinden elde ettiği kanıtlarla seçeceği modele karar verir.

### **BİY.12.2.3. Genetik bilginin ürüne dönüşüm sürecini çözümleyebilme**

- a) Genetik bilginin ürüne dönüşüm sürecine ilişkin temel bileşenleri ve bunların işleyişlerini belirler.
- b) Genetik bilginin ürüne dönüşüm sürecine ilişkin temel bileşenler arasındaki ilişkileri belirler.

### **BİY.12.2.4. Genetik yapıdaki değişikliklerin canlı yaşamına etkileri**

#### **hakkında eleştirel düşünübilme**

- a) Genetik yapıdaki değişikliklerin canlı yaşamına etkilerini sorgular.
- b) Genetik yapıdaki değişikliklerin canlı yaşamına etkileri hakkında akıl yürütür.
- c) Akıl yürütmeyle ulaştığı çıkarımları yansıtır.

### **BİY.12.2.5. Mendel kalıtım ilkelerinin geçerli olduğu genetik problemleri çözebilme**

- a) Mendel kalıtım ilkelerinin geçerli olduğu genetik problemleri yapılandırır.
- b) Mendel kalıtım ilkelerinin geçerli olduğu genetik problemleri özetler.
- c) Mendel kalıtım ilkelerinin geçerli olduğu genetik problemlerin çözümünü verilere dayalı olarak tahmin eder.
- ç) Mendel kalıtım ilkelerinin geçerli olduğu genetik problemlerin çözümünde önermeler üzerinden akıl yürütür.
- d) Mendel kalıtım ilkelerinin geçerli olduğu genetik problemlerin çözümüne ilişkin değerlendirmelerde bulunur.

### **BİY.12.2.6. Eş baskınlık ve çok alellilikle ilgili deney yapabilme**

- a) Kan gruplarıyla ilgili deney tasarılar.
- b) Deneyden elde ettiği sonuçların analizini yaparak eş baskınlık ve çok alelliliğin niteliklerini tespit eder.

### **BİY.12.2.7. Eşeye bağlı kalıtuma ilişkin tümevarımsal akıl yürütебilme**

- a) Eşeye bağlı kalıtuma ilişkin örüntüyü soyağacında modeller.
- b) Soyağacı modelini yeni gözlem verileri üzerinden test eder.
- ç) Soyağacı modellemeleri üzerinden genellemeler yapar.

- ç) Soyağacı modelleriyle farklı veri setlerini yorumlar.
- d) Genellemelerini bilim insanlarının genellemeleri ile karşılaştırır.
- e) Yeni verilerle genellemelerini geliştirir.

### **BİY.12.2.8. Genetik testlerin ve genetik danışmanlığın önemini sorgulayabilme**

- a) Genetik testlerin ve genetik danışmanlığın önemi ile ilgili merak ettiği konuyu tanımlar.
- b) Genetik testlerin ve genetik danışmanlığın önemi ile ilgili sorular sorar.
- c) Genetik testlerin ve genetik danışmanlığın önemi ile ilgili bilgi toplar.
- ç) Genetik testlerin ve genetik danışmanlığın önemi ile ilgili topladığı bilgilerin doğruluğunu değerlendirdir.
- d) Genetik testlerin ve genetik danışmanlığın önemi ile ilgili topladığı bilgiler üzerinden çıkarım yapar.

### **BİY.12.2.9. Biyoteknolojinin uygulama alanları ile ilgili bilgi toplayabilme**

- a) Biyoteknolojinin uygulama alanları ile ilgili bilgi toplamak için kullanacağı araçları belirler.
- b) Biyoteknolojinin uygulama alanları ile ilgili bilgilere ulaşır.
- c) Biyoteknolojinin uygulama alanları ile ilgili ulaştığı bilgileri doğrular.
- ç) Biyoteknolojinin uygulama alanları ile ilgili ulaştığı bilgileri kaydeder.

### **BİY.12.2.10. Biyoteknolojik uygulamaların etik boyutunu eleştirel düşünübilme**

- a) Biyoteknolojik uygulamaları etik açıdan sorgular.
- b) Biyoteknolojik uygulamaların etiği hakkında akıl yürütür.
- c) Akıl yürütmeyle ulaştığı çıkarımları yansıtır.

## **İçerik Çerçevesi**

### **Nükleik Asitler ve Gen İfadesi**

Nükleik Asitlerin Canlılığında Rolü, DNA ve RNA'nın Moleküler Yapısı, DNA Replikasyonu, Gen İfadesi (Gen, Genetik Kod, Transkripsiyon, Translasyon), Genetik Yapıdaki Değişiklikler

### **Kalıtım**

Kalıtımın Temel İlkeleri, Monohibrit Çaprazlama, Dihibrit Çaprazlama, Kontrol (Geri) Çaprazlama, Mendel Kalıtımından Farklılıklar (Eş Baskınlık, Çok Allellilik), Eşeye Bağlı Kalıtım (Eşeyin Kromozomal Temeli, X Bağlı Kalıtım, Y Bağlı Kalıtım), Soyağacı Analizi, Genetik Testler ve Genetik Danışmanlık, Akraba Evlilikleri

### **Biyoteknoloji**

Geleneksel Biyoteknoloji, Modern Biyoteknoloji, Biyoteknolojinin Tıp Alanındaki Uygulamaları (İlaç Üretimi, Hücre Kültürü, Kök Hücre, Rekombinant Aşılar, Protein ve Hormon Üretimi), Biyoteknolojinin Tarım Alanındaki Uygulamaları, Bitki Doku Kültürü, Ökaryotik Hücrelere Gen Aktarımı, Biyoteknolojinin Endüstri, Çevre ve Adli Tıp Alanlarındaki Uygulamaları, Biyoteknoloji ve Etik

## **Anahtar Kavramlar**

DNA replikasyonu, gen ifadesi, fenotip, genotip, rekombinant DNA teknolojisi

## **Öğrenme Kanıtları (Ölçme ve Değerlendirme)**

Öğrenme çıktıları; öğrenme günlüğü, animasyon, poster, araştırma yazısı, üç boyutlu model oluşturma, performans görevi, balık kılıçığı, açık uçlu soruların yer aldığı çalışma yaprağı, deney yapma, kavram haritası kullanılarak dereceli puanlama anahtarı, puanlama anahtarı, öz değerlendirme ve akran değerlendirme formu ile değerlendirilebilir.

Öğrencilere DNA replikasyonuna ilişkin animasyon veya üç boyutlu model hazırlayacakları performans görevi verilebilir. Performansın değerlendirilmesinde analitik dereceli puanlama anahtarı kullanılabilir.

Öğrencilerden gen, genetik kod, transkripsiyon, translasyon arasındaki ilişkileri ortaya koyacakları örümcek ağı oluşturmaları istenebilir. Örümcek ağı, puanlama anahtarı ile değerlendirilebilir.

Öğrencilerden gruplara ayrılarak eş baskınlık ve çok alellilikle ilgili deney yapmaları, deney sürecini ve sonucunu raporlaştırmaları istenebilir. Deney süreci ve sonucuna ilişkin hazırlanan raporlar, analitik dereceli puanlama anahtarı ile puanlanabilir. Dereceli puanlama anahtarında “deneyde olası hatalar için alınacak önlemler, deney süreci ve sonucu” gibi ölçütlerde yer verilebilir. Öğrencilerin kendilerini deney süreci açısından değerlendirmesi için öz değerlendirme ve grup değerlendirme formu kullanılabilir.

Öğrencilere eşeyle bağlı kalıtımı soyağacı modelinde gösterecekleri poster hazırlamaya yönelik performans görevi verilebilir. Performans görevi, bütüncül dereceli puanlama anahtarı ile puanlanabilir.

## ▷ Öğrenme-Öğretme Yaşantıları

### **Temel Kabuller**

Öğrencilerin nukleotit, gen, DNA ve kromozom, genotip, fenotip, cinsiyet, akraba evlilikleri ve mutasyon kavramlarını (8. sınıf) fen bilimleri dersinde öğrendikleri kabul edilmektedir. Öğrencilerin nukleik asitlerin genel yapısını 9. sınıf “Organizasyon” teması kapsamında, hücre bölgülmelerini 12. sınıf “Üreme” teması kapsamında öğrendikleri kabul edilmektedir.

### **Ön Değerlendirme Süreci**

Öğrencilerden nukleotit, DNA, RNA, gen ve kromozom kavramlarına ilişkin kavram haritası oluşturmaları istenerek ön bilgileri kontrol edilebilir (BİY.12.2.1).

“Tüm hücrelerimizde DNA replikasyonu gerçekleşir mi?” sorusuyla “Üreme” temasındaki mitoz, mayoz ve hücre döngüsü konularıyla ilişki kurularak öğrencilerden DNA replikasyonunun neden yapıldığını yorumlamaları istenebilir (BİY.12.2.2).

“Organ nakillerinde vericinin (donör) genel olarak yakın akrabalardan seçilmesinin sebebi sizce ne olabilir?” sorusu sorularak öğrencilerin DNA'daki bilgilerin benzerlik oranının yüksek olmasının hangi organik moleküle yansıyacağına ilişkin çıkarım yapmaları sağlanabilir (BİY.12.2.3, BİY.12.2.4).

Kalıtım ilkeleriyle ilgili temel konularda (Mendel'in deneyleri, kalıtım yasaları ve genetik terimleri) sorular sorularak öğrencilerin sorulara verdiği cevaplar değerlendirilebilir. Öğrencilerden Mendel'in gerçek deney sonuçlarını incelemeleri ve bu sonuçları yorumlamaları istenebilir (BİY.12.2.5).

"Kan grubunuzu bilmek neden önemlidir?", "Hangi kan grubuna sahip olduğunuzu biliyor musunuz?", "Kan grubunu bilenler kimlere kan verebileceğini biliyor mu?" soruları sorularak öğrencilerin fen bilimleri dersinde gördükleri kan grupları konusuna ilişkin ön bilgileri değerlendirilebilir (BİY.12.2.6).

"Bazı hastalıkların belirli cinsiyetlerde daha sık görülmesini neye bağlayabilirsiniz?" sorusu yöneltilerek öğrencilerden görüşlerini yazılı ya da sözlü olarak açıklamaları istenebilir (BİY.12.2.7).

"Genetik analizlere neden gereksinim duyulur?", "Genetik danışmanlığı nedir?" soruları sorularak öğrencilerin genetik testler ve genetik danışmanlığın önemine ilişkin ön bilgileri değerlendirilebilir (BİY.12.2.8).

Günlük hayatta kullandıkları veya karşılaştıkları ürünlerin yer aldığı çalışma yaprakları verilerek öğrencilerden çalışma yaprağında yer alan ürünlerin incelemeleri ve bu ürünlerden biyoteknoloji çalışmaları sonucunda ortaya çıkarılanları işaretlemeleri istenebilir (BİY.12.2.9).

Biyoteknoloji alanındaki yenilikleri içeren film kesitleri izletilerek öğrencilerden film kesitlerinde yer alan biyoteknolojik yenilikleri tespit etmeleri ve bu yeniliklere neden ihtiyaç duyulduğunu belirtmeleri istenebilir. Bu yolla öğrencilerin biyoteknolojinin uygulama alanlarına ilişkin ön bilgileri değerlendirilebilir (BİY.12.2.10).

### **Köprü Kurma**

Öğrencilere vücutta olgun alyuvarların çekirdeklerinin olmadığı bilgisi verilerek "Buna göre alyuvarlar hangi metabolik faaliyetleri gerçekleştiremez?" sorusu sorulabilir ve öğrencilerin DNA'nın hücredeki rolünü ön bilgileriyle tahmin etmeleri beklenir (BİY.12.2.1).

Öğrencilere deri kesildiğinde oluşan yaranın kapanması için hücrelerin bölündüğü bilgisi verilerek "Sizce yeni oluşan deri hücreleri, hasar gören hücrelerle aynı özelliklere mi sahiptir, cevabınız evetse bu nasıl mümkün olur?" soruları yöneltilebilir. Sorular aracılığıyla öğrencilerin hücre bölünmeleri ile DNA replikasyonu arasında bağlantı kurmaları istenebilir (BİY.12.2.2).

1899'da Shattock ve 1900'de Karl Landsteiner tarafından insanların farklı kan grubuna sahip olduğu keşfedilene kadar hastalara rastgele kan verildiği ve bu durumun bazı hastaların ölümüne neden olduğu bilgisi verilerek öğrencilere "Kan gruplarını belirlemede DNA'nın rolü nedir?" sorusu sorulabilir. Bu soruya öğrencilerin DNA'daki genetik bilgi ile bu bilgiden sentezlenen yapısal molekülü ilişkilendirmeleri istenebilir (BİY.12.2.3).

Öğrencilere 1986 yılında yaşanan Çernobil faciası ile ilgili belgesel izletilerek "Çernobil'deki patlama sonrasında Türkiye'de özellikle Karadeniz Bölgesi'nde hangi sağlık problemlerinde artış görülmüştür?", "Bu durumu ne ile açıklarsınız?" soruları sorulabilir. Öğrencilerden izledikleri belgeselden hareketle sorulara cevap vermeleri istenebilir. Öğrencilere facianın gerçekleştiği yer ile Türkiye'de sağlık problemlerinin artış gösterdiği bölge arasında ilişki kurabilmeleri için coğrafya disiplininden, radyoaktivite konusunda ise kimya ve fizik disiplinlerinden yararlanmaları gerektiği hatırlatılır (BİY.12.2.4).

Mendel'in bezelye bitkileri üzerinde yaptığı deney, video veya animasyon aracılığıyla gösterilebilir. Farklı renk, şekil ve büyülükteki bezelye tohumları

kullanılarak öğrencilerin bezelyelerde farklı kombinasyonlarının oluşabileceğini düşünmeleri sağlanabilir (BİY.12.2.5).

A kan grubuna sahip bir anne ile B kan grubuna sahip babanın iki çocuğundan birinin O, diğerinin AB kan grubuna sahip olduğu örneği verilerek öğrencilerden bu ailedeki bireylerin kan grubu genotiplerini tahmin etmeleri ve bu genotiplerin çocukların kan gruplarını nasıl belirlediğini açıklamaları istenebilir (BİY.12.2.6).

"Renk körlüğü ve hemofili gibi bazı hastalıkların toplumda görülmeye sıklığı cinsiyete göre neden değişir?" sorusu kullanılarak eşeye bağlı kalıtma dikkat çekilebilir (BİY.12.2.7).

Genetik testleri konu alan video, animasyon veya simülasyonlar izletilerek genetik mirasın nasıl incelendiği ve farklı genotiplerin nasıl belirlendiği gösterilebilir (BİY.12.2.8).

Öğrencilere Nobel Bilim Ödülü'ne layık görülmüş çalışmaları konu alan belgesellerden kesitler sunularak bu belgesellerdeki buluşlardan hareketle biyoteknolojinin önemine dikkat çekilebilir (BİY.12.2.9, BİY.12.2.10).

## Öğrenme-Öğretme Uygulamaları

### BİY.12.2.1

a-b) Öğrencilere bir aile görseli sunulur. Öğrencilerin görselde yer alan aile üyelerinin fiziksel olarak birbirine benzeyen ve benzemeyen yönlerini tespit ederek bu benzerlik ve farklılıkların nedenleri üzerinde düşünmeleri sağlanır. Öğrencilerden tespitlerinden hareketle nükleik asitlerin yapısı ve canlılıkta oynadığı rol ile ilgili merak ettikleri konuları belirlemeleri ve konuya ilgili "Atalarımızın genetik geçmişi, bizim genetik geçmişimizi nasıl etkiler?", "DNA'nın canlı organizmalardaki temel rolü nedir?", "DNA ve RNA moleküllerinin yapısal farklılıkları nelerdir?" gibi sorular sormaları beklenir. Bu sorular, nükleik asitlerin günlük yaşamla olan ilişkisini somut hâle getirerek öğrencilerin konuyu daha ilgi çekici bulmasına yardımcı olur (**E1.1**).

c-ç) Öğrenciler, sordukları sorulara cevap bulabilmek amacıyla bilim dergileri, bilimsel makaleler gibi güvenilir kaynaklardan bilgi toplar (**OB1**). Söz konusu kaynaklara ulaşmanın mümkün olmadığı durumlarda ders kitabından yararlanılır. Öğrencilerden bilgi topladıkları kaynakların güvenirligini sorgulayarak topladıkları bilgilerin doğruluğunu farklı bilimsel kaynaklardan değerlendirmeleri istenir. Topladıkları bilgileri yorumlayarak nükleik asitlerin üç ana bileşeninin nasıl bir araya geldiği, nükleik asitlerin tek zincir yapısının nasıl meydana geldiği, nükleik asitlerin hücre bölünmesi, kalıtım ve organizmanın işlevselligi üzerine etkisi konularında çıkarım yapmaları beklenir. Öğrenciler, çıkarımlarını diğer öğrencilerin çıkarımlarıyla karşılaştırarak tartışırlar. Bu süreçte öğrencilerin birbirlerini etkin şekilde dinleyerek düşünelerini ifade etmeleri ve grup iletişimine katılmaları sağlanır (**D14.1, SDB2.1**).

Öğrencilerden nükleik asitlerin yapısı ve canlılıktaki rolünü tanımlayabileceği, konu hakkında merak ettiği soruları sorup cevaplayabileceği, topladığı bilgilerin doğruluğunu değerlendirerek çıkarım yapabileceğini bireysel öğrenme günlüğü oluşturmaları istenebilir. Öğrenme günlüğü, bütüncül dereceli puanlama anahtarı ile puanlanabilir.

### BİY.12.2.2

a) Öğrencilere DNA replikasyonunun temel adımlarını gösteren kısa bir video veya animasyon izletilebilir. DNA replikasyonunun mekanizması öğretmen tarafından anlatılır. Heterojen gruplar oluşturulduktan sonra gruptardan DNA

replikasyonunun yarı korunumlu (semi konservatif) modeli üzerinden kesintisiz ve kesikli zincirde DNA eşlenmesinin nasıl gerçekleştiğini gösteren bir model oluşturmaları istenir. Bu süreçte tek zincire bağlanan proteinler, topoizomeraz, helikaz, ligaz enzimlerinin isimleri ve çeşitleri verilmez; Okazaki parçaları kavramına deðinmez. Öğrencilerin grup çalışmalarına etkin bir şekilde katılmaları ve farklı fikirleri tartışarak ortak bir anlayışa ulaşmaları beklenir (**SDB2.2**). Öğrencilerden diyagram, şema, maket veya etkileşimli görsel iletişim uygulamalarını kullanarak tasarladıkları modelleri paylaşmaları istenir (**OB2**). Öğrencilerin birlikte çalışmanın hazırladıkları modellere farklı yorumlar getirmelerine katkıda bulunduðunu fark etmeleri sağlanır (**D16.3**).

b) Öğrencilerden farklı materyaller kullanarak DNA replikasyonu ile ilgili birden fazla model oluşturmaları istenebilir. Gerektiðinde birden fazla model oluşturulması istenerek konunun daha iyi anlaşılmasının sağlanması sağlanır (**E3.3, E3.5**).

c-ç) Öğrencilerden bilimsel DNA replikasyonu modellerini güvenilir kaynaklardan araştırmaları ve modeli oluþtururan temel yapıları inceleyerek bu yapıları kendi modellerini oluþtururan bileşenler ile karşılaştırmaları istenir (**E3.10**). Kendi modellerinden hangisinin şu an kabul gören modele en yakını olduğuna karar vermeleri beklenir (**KB3.1**).

### BİY.12.2.3

a) Öğrencilere "Her gen bir ürün oluşturur mu?", "Her genin sadece bir ürünü mü vardır?", "Genetik bilginin ürüne dönüşüm süreçlerinde gen, genetik kod, transkripsiyon ve translasyon arasında nasıl bir hiyerarşik bağlantı vardır?" soruları sorularak konu hakkında merak uyandırılır (**E1.1**). Genetik bilginin yapısal birimlere dönüşüm sürecini gösteren interaktif araçlar, bilgisayar tabanlı simülasyonlar, basit öğrenme şemaları, videolar/animasyonlar veya ders kitabı kullanılarak öğrencilerin genetik bilginin yapısal birimlere dönüşüm sürecinde görev alan temel bileşenleri ve bu bileşenlerin işleyişini (transkripsiyon ve translasyon) belirlemeleri sağlanır (**OB4**).

b) Öğrencilerden belirledikleri temel bileşenler ve bu bileşenlerin işleyişinden yola çıkarak gen, genetik kod, transkripsiyon ve translasyon sürecinde etkili yapısal ve fonksiyonel bileşenleri belirlemeleri beklenir. Bu süreçte promotor bölgelerinin dizileri (TATA ve TAAT), transkripsiyon faktörleri ve ökaryotik mRNA işlenmesi süreçlerine deðinmez. Öğrencilerden gen ifadesinin oluşmasında transkripsiyon ve translasyon süreçlerinin eş güdümlü olarak çalışmalarının gerekliliðini sorgulamaları, bu eş güdümün nasıl sağlandığı hakkında akıl yürütütmeleri ve belirledikleri temel bileşenler arasındaki hiyerarşik bağlantıları tespit etmeleri istenir (**E3.6**).

### BİY.12.2.4

a) Kalıtsal hastalıklar ve genetik mutasyonlarla ilgili vaka çalışmaları sunularak, gerçek hayattan örnekler verilerek, genetik yapıdaki değişikliklerin canlı yaşamına etkileri ve DNA'da meydana gelen her hasarın kalıcı olup olmadığıyla ilgili sorular sorularak öğrencilerde merak uyandırılır (**E3.10**). Ultraviyole (UV) ışığın neden olduğu DNA hasarının nasıl tamir edildiðini gösteren bilimsel çalışma sunulur. Öğrencilerden genetik yapıdaki değişiklikler ve bu değişikliklerin canlı yaşamına etkileriyle ilgili verilen örnekleri bu çalışma bağlamında sorgulamaları istenir.

b-c) Heterojen gruplar oluşturulur. "Mutasyonlara neden olan etmenler nelerdir?", "Mutasyonların etkileri genellikle ne yönde gerçekleşir?", "Mutasyonlar bazen avantajlı özelliklerin gelişmesini sağlayabilir mi?" gibi sorular sorularak öğrencilerden soruların cevaplarını bilim dergileri, bilimsel makaleler gibi güvenilir kaynaklardan araştırmaları istenir. Söz konusu

kaynaklara ulaşmanın mümkün olmadığı durumlarda ders kitabından yararlanılır. Öğrencilerin elde ettikleri bilgilerle genetik yapıdaki değişikliklerin olumlu ya da olumsuz yönlerini, bu değişikliğe neden olan faktörleri ve bu değişikliklerin neden-sonuç ilişkilerini akıl yürüterek değerlendirmeleri beklenir (**OB1**). Bu süreçte mutasyon çeşitlerine degenilmez. Her gruptan akıl yürütme sonucunda ulaştıkları çıkarımları kullanarak rapor hazırlamaları ve hazırladıkları raporları sunmaları istenir. Rapor ve sunum; öz değerlendirme, grup değerlendirme ve akran değerlendirme ile değerlendirilebilir (**E3.5**). Öğrencilerden bireysel olarak genetik yapıdaki değişikliklerin canlı yaşamına etkilerine yönelik öğrenme günlüğü hazırlamaları istenebilir. Öğrenme günlüğü, puanlama anahtarı ile puanlanabilir.

#### **BİY.12.2.5**

a) Heterojen gruplar oluştururlar. Gruplara Mendel kalıtım ilkelerinin geçerli olduğu farklı genetik problemler verilir. Öğrencilerden grup içinde problemlerle ilgili sorular sormaları ve problemlerin olası sonuçlarını düşünmeleri istenir (**E3.8, OB7**). Çalışma yaprağında veya ders kitabında Mendel'in kalıtımıla ilgili monohibrit çaprazlama, dihibrit ve kontrol çaprazlamaya ilişkin genel ilkeleri verilerek öğrencilerden verilen problemleri bu ilkeler çerçevesinde yapılandırmaları istenir.

b-c-ç-d) Öğrenci gruplarından problemlerde verilen genotip, fenotip özelliklerini, baskınlık ve çekinkilik özelliklerini, önceki nesillerin genotipini ve yapılacak çaprazlama sonucunda ortaya çıkabilecek yeni genotip ve fenotip oranlarını özetlemeleri istenir. Öğrencilerden problemlerde verilen çaprazlama ile ortaya çıkacak genotip ve fenotip oranlarını tahmin etmeleri, problemlerin çözümünde Mendel'in kalıtımıla ilgili ilkelerini akıl yürüterek yorumlamaları, problemlerin çözümü için değerlendirmede bulunmaları, problemlerle ilgili çaprazlamaları yapmaları, genotip ve fenotip oranlarını belirlemeleri ve problemleri çözmeleri beklenir (**E3.2**). Öğrenci gruplarından problemlerin çözümüne ilişkin değerlendirmede bulunmaları, problemlerin farklı çözümlerinden hareketle kalıtımıla ilgili yeni bilgilerini yapılandırmaları istenir (**OB7, E3.7**). Bu süreçte epistasi, pleiotropi ve epigenetik kavramlarına degenilmez.

Öğrencilerden verilen durumları/problemleri "yapılandırma, özetleme, veriye dayalı tahmin etme, çözüme yönelik tahmin etme, akıl yürütme ve çözüme ilişkin değerlendirme" basamaklarını içerecek şekilde cevaplamaları istenir. Cevaplar, bu basamakların ölçüt olarak yer aldığı analitik dereceli puanlama anahtarı ile puanlanabilir.

#### **BİY.12.2.6**

a) "Anne ve baba arasındaki kan grubu uyumsuzlukları gebelikte ve doğumda sorun oluşturur mu?", "Kan nakillerinde farklı kan gruplarına sahip bireyler arasında alışveriş mümkün mü?" gibi sorularla konuya dikkat çekilir (**E1.1**). Öğrencilerin kan gruplarının niteliklerine ilişkin bilgi ihtiyaçlarının farkına varmaları sağlanır.

Öğrenciler gruplara ayrılır. Gruplardan kan grubu uyumsuzluğu olabilecek durumların tespit edilmesi için kan gruplarını belirlemeye yönelik sorular oluşturmaları ve deney tasarlamları istenir. Öğrenciler, kan gruplarının nitelikleri ile ilgili verilen çalışma yaprağından veya ders kitabından bilgileri toplar; topladıkları bilgileri özetler ve kan grupları ile ilgili deney yapmak üzere sentezler (**OB1, OB7**). Öğrencilerden tasarladıkları deneyleri gerçekleştirerek kan grubu uyumsuzluğunu tespit etmek için kan gruplarını belirlemeleri istenir. Gruplar, iş birliği içinde kan gruplarını belirleme deneyini yaparken olası hata

kaynaklarını en aza indirmek için alabilecekleri tedbirler hakkındaki düşüncelerini grup arkadaşları ile paylaşır. Farklı düşünceler üzerinde saygı çerçevesinde uzlaşma sağlayıp hata kaynaklarını ortadan kaldıracak tedbirleri alır (**SDB2.2, D14.1**).

b) Öğrenciler, deney sonuçlarının analizini yapar. Sonuçları bir deney raporu hazırlayarak sunar. Kan gruplarını belirleme deneyi sonunda grplardan deney sonuçlarının eş baskınlık ve çok alelliğle ilgili günlük yaşam durumlarıyla ilişkisini kurmaları istenir.

### **BİY.12.2.7**

a-b) Öğrencilerden verilen örnek aile soyağaçlarını incelemeleri ve soyağacında kalitimin eșeye bağlı olarak gerçekleşeceğini göstermeleri beklenir. Farklı soyağaçlarını modelleyerek soyağacında atalarдан aktarılan kalıtsal özellikler ile ilgili verileri toplamaları ve topladıkları verileri kullanarak oluşturdukları modelleri düzenlemeleri istenir (**E3.3**). Eşeye bağlı olarak kalıtılıan farklı özellikleri modeller üzerinden test etmeleri ve oluşturdukları soyağacı modellerini birbirleriyle paylaşmaları istenir (**OB4, D16.3**).

c) Öğrencilerden soyağacı modellemeleri üzerinden elde ettikleri sonuçlara dayanarak genellemeler yapmaları beklenir. Örneğin öğrenciler, belirli bir özelliğin aile içinde nasıl aktarıldığına dair genel bir kural oluşturabilirler.

ç-d-e) Öğrenciler, farklı ailelerin veya grupların soyağaçlarını kullanarak kalıtım desenlerini karşılaştırabilir ve bu desenlerdeki farklılıklarını inceleyebilirler. Öğrencilerden eșeye bağlı kalıtım sonuçlarıyla ilgili genellemeler yapmaları istenir. Eşeye bağlı kalıtsal özellikleri bilim insanların şu an kabul gören genellemeleriyle karşılaşmaları ve kendi yaptıkları genellemeleri geliştirmeleri beklenir.

### **BİY.12.2.8**

a-b) Fenilketonüri, spinal müsküler atrofi (SMA) ve kistik fibrozis gibi farklı genetik hastalıklarla ilgili örnek bir durum sunulur. Öğrencilerden bu hastalıkların ortaya çıkışını engelleme konusunda genetik testlerin ve genetik danışmanlığın önemi ve rolü ile ilgili merak ettikleri konuları belirlemeleri ve sorular oluşturmaları istenir (**E3.8**). Öğrenciler, oluşturdukları soruları birbiriyle paylaşarak araştıracakları temel sorulara dönüştürür.

c-ç-d) Öğrenciler, genetik testler ve genetik danışmanlık konusunda sordukları soruların cevaplarını bulmak için bilim dergileri, bilimsel makaleler gibi güvenilir kaynaklardan bilgi toplar veya Genetik Hastalık Tanı Merkezinden sınıfa davet edilecek genetik uzmanları ile görüşme yapar (**OB1, OB2**). Öğrencilerden genetik uzmanından aldığı bilgilerin doğruluğunu bilimsel kaynaklarda veya ders kitabında yer alan bilgilerle karşılaştırarak değerlendirmeleri istenir.

Öğrenciler, topladıkları bilgileri analiz ederek genetik testlerin ve genetik danışmanlığın genetik bozukluklar ve bu bozuklukların neden olduğu hastalıklar ile ilgili problemlerin çözümünde nasıl bir öneme sahip olduğuna ilişkin çıkarım yapar (**E3.11, D13.4**). Öğrencilerin yaptığı çıkarımlar, günlük hayatı benzer durumlar ile ilişkilendirilir (**SDB2.3**). Öğrenciler, genetik bozukluklara ilişkin edindikleri bilgileri aileleriyle paylaşmaları konusunda teşvik edilir (**D2.2**).

Öğrencilere seçenekleri genetik bir bozukluk hakkında bilimsel veri ve bilgilerden yararlanarak araştırma yazısı yazmaya yönelik performans görevi verilebilir. Bu araştırma yazısında öğrencilerden belirledikleri genetik bozukluğun Türkiye'de görülmeye oranına, nedenlerine ve bu bozukluğa ilişkin alınması gereken önlemlere yer vermeleri; genetik testlerin ve genetik

danişmanlığın önemini vurgulamaları beklenir. Öğrenciler, yazıda ele aldığıları genetik bozukluğun tedavisini genetik danışman rolünde açıklamalı ve ortaya koydukları tüm fikirleri bilimsel bilgi ve verilerle desteklemelidir. Araştırma yazısı, analitik dereceli puanlama anahtarı ile değerlendirilebilir.

### BİY.12.2.9

a-b) Öğrenciler gruplara ayrılır. Her bir gruptan geleneksel ve modern biyoteknolojinin çevre, ziraat, tıp, endüstri gibi uygulama alanlarından birini seçmeleri istenir (**E1.2**). Gruplar, seçtiği alana ait uygulamalar (ilaç, aşı, hormon üretimi, hücre ve doku kültürü, adli tıp vb.) hakkında bilgi toplamak için kullanacağı araçları belirler. Öğrencilerden belirledikleri biyoteknoloji uygulama alanlarıyla ilgili bilgileri toplamaları beklenir.

c-ç) Öğrencilerden bilim dergileri, bilimsel makaleler gibi güvenilir kaynaklardan elde ettikleri bilgiler arasında ilişki kurarak bilgilerin doğruluğunu değerlendirmeleri istenir (**OB1**). Söz konusu kaynaklara ulaşmanın mümkün olmadığı durumlarda ders kitabından yararlanılır. Öğrencilerin değerlendirme sonucunda doğruladıkları bilgileri kaydetmeleri sağlanır. Öğrenciler, öğrendikleri bilgileri kullanarak biyoteknoloji ve uygulamaları ile ilgili bilgi görseli oluşturur ve oluşturdukları bilgi görsellerini sınıf ortamında paylaşır (**OB4**). Hazırlanan bilgi görselleri, puanlama anahtarları ile değerlendirilebilir.

### BİY.12.2.10

a-b-c) Öğrenci grupları oluşturulur. Gruplardan genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO), canlı klonlama, yeni nesil aşılar, embriyo araştırmaları, CRISPR-Cas uygulamaları, kök hücre teknolojileri gibi farklı biyoteknolojik uygulamalardan birini seçmesi ve seçtikleri konuyu etik açıdan sorgulamaya yönelik araştırma yapması istenir (**E3.9, D5.1**). Paylaşılan konular arasından bir münazara konusu belirlenerek gruplar oluşturulur. Öğrenciler, etik açıdan sorgulayacakları konu ile ilgili görüşlerini destekleyen bilgi ve kanıtlar toplamaları konusunda yönlendirilir (**E1.3, E2.2**). Münazara sürecinde öğrencilerden biyoteknoloji uygulamalarının etik ilkelere uygunluğu konusunda akıl yürütmeleri ve çıkarımlarını yansıtması beklenir (**SDB3.3, E3.10**).

#### ▷ Farklılaştırma

### Zenginleştirme

Öğrencilerden DNA izolasyonu, polimeraz zincir reaksiyonları ve DNA analizi işlemlerinin yer aldığı bir animasyon filmini alt yazılı veya seslendirmeli olarak hazırlamaları istenebilir. \*DNA replikasyonunda kromozom uçlarında meydana gelen problemin ne olduğunu, hücrelerin bu problemin önlenmesi için geliştirdiği mekanizmaları ve kanser hastalığının üç problemeyle ilişkisini araştırmaları istenebilir. Öğrencilere biyolojik verilerin toplanması, depolanması, analizi ve yorumlanması için biyoinformatik disiplinin kullanım alanlarının ve toplumsal faydalalarının araştırılmasına yönelik proje ödevi verilebilir ve öğrencilerden elde ettikleri bilgileri kullanarak bilgi görseli hazırlamaları istenebilir.

\*Öğrencilere ökaryotik mRNA'ların transkripsiyon sonrası olgunlaşma sürecinde ne tür değişikliklere uğradıklarını, bu süreçte ribozimlerin görevlerini, intron ve ekzon kavramlarını içeren araştırma projesi verilebilir.

Öğrencilerin genetik bilgideki mutasyon çeşitlerini (nokta mutasyonları, çerçeve kayması, baz ekleme/çıkarma, translokasyon vb.) sınıflandırarak hücrelerin bu mutasyonlar için geliştirdikleri tamir/koruma mekanizmalarını artırılmış gerçeklik uygulamaları ile incelemeleri sağlanabilir.

Öğrenciler; kalıtımda epistasi, pleiotropi ve epigenetik kavramlarını örnekleriyle araştırarak sınıfta konuya ilgili sunum yapabilir.

Öğrencilerden eş baskınlık ve çok alellilik örneklerini günlük yaşam durumlarıyla ilişkilendirmeleri istenebilir. Örneğin hastalık direnci, adaptasyon ve türler arası etkileşimler gibi konularda bu genetik özelliklerin nasıl rol oynayabileceğini araştırabilirler.

Öğrencilerden mitokondriyal kalıtımı, mitokondriyal DNA'nın nesilden nesile nasıl geçtiğini ve mitokondriyal hastalıkların nasıl oluştuğunu araştırmaları istenebilir. Genetik testlerin farklı türlerini, bu testler aracılığıyla genetik risk faktörlerinin, hastalıkların ve genetik özelliklerin nasıl belirlenebileceğini araştırmaları istenebilir. Öğrencilerin genetik testlerin sağlık hizmetlerine (hastalıkların erken teşhis, kişiselleştirilmiş tedavi planları ve genetik yatkınlığın belirlenmesi vb.) nasıl katkıda bulunduğu tartışmaları sağlanabilir.

Öğrencilerden biyoteknolojinin farklı uygulama alanlarına yönelik bir tasarım ve inovasyon projesi hazırlamaları istenebilir.

### **Destekleme**

Nükleik asitlerin bileşenlerinin ve farklı türlerinin yer aldığı görseller veya animasyonlar kullanılabilir.

DNA replikasyonu, drama tekniği kullanılarak gösterilebilir. Bu yolla DNA replikasyonunun somutlaştırılması ve daha kolay anlaşılmasına sağlanabilir.

Transkripsiyon ve translasyon animasyonları kullanılarak kod, kodon, antikodon, anlamlı zincir kavramları ile mRNA, tRNA, rRNA gibi yapıların görevleri somutlaştırılabilir.

Kan gruplarının belirlenmesi için gerekli materyallerin temin edilemediği durumlarda sanal laboratuvarlardan video, animasyon ve örnek simülasyonlar gösterilerek konunun daha iyi anlaşılmasına sağlanabilir.