

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
УКРАЇНСЬКО-УГОРСЬКИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН

Берцик Вівієн

**ВИВЧЕННЯ СТРУКТУРНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ІНФОРМАЦІЙНИХ
МОЛЕКУЛ ВСЕРЕДНІЙ ШКОЛІ**

014.08 «Середня освіта. Фізика та астрономія»

Дипломна робота на здобуття освітнього ступеня

бакалавра

Науковий керівник:
д.ф.-м.н. Шафраньош М.І.

Ужгород – 2025

Реєстрація 2
(номер)

«02» 06 2025 р. ШФ Суворий М.І.
(підпис лаборанта кафедри) (прізвище, ініціали)

Дипломна робота допущена до захисту

Завідувач кафедри

ШФ
(підпис)

Шафраньош Мирослав Іванович

д.ф.-м., доцент

«04» 06 2025 р.

Рецензент

СІ

Суховія Марія Ільківна

к.б.н., доцент

ЗМІСТ.....	
ВСТУП.....	
РОЗДІЛ 1 ПОНЯТТЯ І ТЕОРЕТИЧНА ОСНОВА СТРУКТУРНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОЛЕКУЛ	
1.1. Поняття та характеристика інформаційних молекул	
1.2. Основні види інформаційних молекул та їхні структурні особливості.....	
1.3. Біологічне значення інформаційних молекул	
РОЗДІЛ 2 . АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВИВЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОЛЕКУЛ В СЕРЕДНІЙ ШКОЛІ.....	
2.1. Місце та роль вивчення структурних особливостей інформаційних молекул чинній програмі з фізики.....	
2.2. Аналіз підручників та навчально-методичних матеріалів, моделей та наочності для формування уявлень про структуру молекул	
2.3 Вікові особливості учнів щодо сприйняття понять з вивчення структурних особливостей інформаційних молекул	
РОЗДІЛ 3. ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ У ВИВЧЕННІ ОСОБЛИВОСТЕЙ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОЛЕКУЛ В СЕРЕДНІЙ ШКОЛІ	
3.1. Основні проблеми та перспективи вивчення структурних особливостей інформаційних молекул в середній школі	
3.2. Потенціал інноваційних підходів до вивчення інформаційних молекул	
ВИСНОВКИ	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	

ВСТУП

У сучасному світі фізика біологія та генетика є важливими галузями науки, що сприяють розумінню основних процесів життя на молекулярному рівні. Однією з ключових тем у цих дисциплінах є вивчення інформаційних молекул, таких як ДНК, РНК і білки, які беруть участь у передачі і реалізації генетичної інформації в живих організмах. Вивчення структурних особливостей цих молекул є необхідним для глибшого розуміння функціонування клітин, механізмів спадковості, а також для розвитку сучасних біотехнологій.

Актуальність теми полягає в тому, що знання про структуру і функції інформаційних молекул стає дедалі важливішим для повсякденного життя. Розвиток фізики, молекулярної біології, генетики та біотехнологій відкриває нові можливості в медицині, агрономії та інших сферах. Водночас, розуміння молекулярних механізмів і структур є основою для глибшого сприйняття біологічних процесів і для розвитку навчального процесу в середній школі.

Метою дипломної роботи є дослідження та аналіз структурних особливостей інформаційних молекул, таких як ДНК, РНК та білки, а також визначення їх значення в біології та навчальному процесі середньої школи. Важливість цієї теми полягає в потребі розвивати у школярів навички критичного мислення та розуміння складних біологічних процесів, що відбуваються на молекулярному рівні.

Завдання роботи:

- Розглянути структуру і функції основних інформаційних молекул, таких як ДНК, РНК та білки.

- Дослідити, як знання про ці молекули інтегрується в шкільну програму біології та які методи навчання найефективніші для засвоєння цієї інформації.

-Оцінити можливості впровадження сучасних підходів до вивчення молекулярної біології в середній школі, враховуючи рівень підготовки учнів.

-Розглянути на прикладі конкретних уроків чи тем, як можна ефективно передавати знання про молекули через інтерактивні методи навчання.

-Об'єктом дослідження є інформаційні молекули, зокрема ДНК, РНК та білки, їхні структурні та функціональні особливості.

Предметом дослідження є процеси навчання та методи вивчення молекул на рівні середньої школи, з урахуванням сучасних підходів у викладанні біології.

Практична значущість роботи полягає в розробці рекомендацій для викладачів біології середніх шкіл щодо ефективного впровадження матеріалу про інформаційні молекули в навчальний процес, що сприятиме кращому засвоєнню учнями складних біологічних концепцій.

Завдяки таким підходам, школярі зможуть краще розуміти фундаментальні принципи біології, що дозволить їм усвідомити не тільки значення інформаційних молекул у клітинах організмів, але й здатність застосовувати ці знання в різних сферах науки та технологій.

РОЗДІЛ 1 ПОНЯТТЯ І ТЕОРЕТИЧНА ОСНОВА СТРУКТУРНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОЛЕКУЛ

1.1. Поняття та характеристика інформаційних молекул

У сучасній біології та фізиці термін «інформаційні молекули» охоплює біополімери, які зберігають, передають та реалізують генетичну інформацію в живих організмах. Це поняття є ключовим для розуміння молекулярних механізмів спадковості, клітинної регуляції та еволюції. Інформаційні молекули - це біологічні макромолекули, які забезпечують зберігання, передачу та реалізацію генетичної інформації в клітинах живих організмів. Основними представниками цієї групи є нуклеїнові кислоти — дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК) і рибонуклеїнова кислота (РНК), а також білки, які виконують ключові функції в реалізації генетичної інформації..

Основними інформаційними молекулами є **Нуклеїнові кислоти** – це біополімери, основними функціями яких є зберігання, передача та реалізація спадкової інформації в живих організмах. Існує два основні типи нуклеїнових кислот: **дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК)** та **рибонуклеїнова кислота (РНК)** [1, с. 35].

Крім того, в сучасних дослідженнях розглядаються інші молекули, такі як білки, які, хоча й не зберігають генетичну інформацію, виконують регуляторні функції та беруть участь у передачі сигналів всередині клітини.

Дослідження інформаційних молекул, зокрема нуклеїнових кислот, є фундаментальним напрямом у фізиці біохімії та молекулярній біології. Багато вчених зробили значний внесок у розкриття структури та функцій цих молекул. Зокрема у 1869 році швейцарський біохімік Фрідріх Мішер вперше ізолював нову речовину з ядер лейкоцитів, яку назвав «нуклеїн». Це відкриття стало першим кроком до ідентифікації нуклеїнових кислот як носіїв генетичної інформації.

Німецький біохімік Альбрехт Коссель у 1880-х роках продовжив дослідження Мішера, вивчаючи хімічний склад нуклеїнових кислот. Він ідентифікував п'ять основних нуклеотидних основ: аденін, гуанін, цитозин,

тимін і урацил, які є ключовими компонентами ДНК та РНК. За свої дослідження Коссель отримав Нобелівську премію з фізіології або медицини у 1910 році.

Американський біохімік Ервін Чаргафф у 1950-х роках сформулював два важливі правила, відомі як правила Чаргаффа. Перше правило стверджує, що в молекулі ДНК кількість аденіну дорівнює кількості тиміну, а кількість гуаніну — кількості цитозину. Друге правило вказує на те, що співвідношення цих основ варіюється між різними видами, що свідчить про видову специфічність ДНК [16, с. 36-37]

Британська хімік і кристалограф Розалінд Франклін зробила значний внесок у розкриття структури ДНК за допомогою рентгеноструктурного аналізу. Її знаменитий знімок «Фотографія 51» надав ключові докази для моделі подвійної спіралі ДНК. «**Фотографія 51**» – це історично важлива рентгенограма волокон ДНК, зроблена Розалінд Франклін та її аспірантом Реймондом Гослінгом у 1952 році в Королівському коледжі Лондона. Це зображення є одним із найвідоміших у науці, оскільки воно надало ключові експериментальні дані, які дозволили Джеймсу Вотсону та Френсісу Кріку розшифрувати структуру подвійної спіралі ДНК

Сама рентгенограма, названа "Фотографія 51" через її порядковий номер у лабораторному журналі, чітко демонструвала **X-подібний візерунок** дифракції, характерний для спіральної структури. Крім того, темні плями у верхній і нижній частині фотографії вказували на те, що азотисті основи розташовані перпендикулярно до осі спіралі, а відстань між горизонтальними смугами дозволяла обчислити крок спіралі.

Без прямого дозволу Франклін, Моріс Вілкінс показав "Фотографію 51" Вотсону та Кріку. Ці дані, разом з іншими відомостями, допомогли їм побудувати правильну модель ДНК, опубліковану в 1953 році. Хоча Франклін не отримала Нобелівської премії (її присуджують лише живим вченим), "Фотографія 51" залишається знаковим символом її внеску в одне з найвизначніших наукових відкриттів 20 століття [17].

Френсіс Крік і Джеймс Вотсон, спираючись на роботи Франклін та інші дані, у 1953 році запропонували модель подвійної спіралі ДНК, яка пояснювала

механізм зберігання та передачі генетичної інформації. За це відкриття вони разом з Морісом Вілкінсом отримали Нобелівську премію з фізіології та медицини у 1962 році.

У 1952 році Альфред Херші та Марта Чейз провели експеримент, який довів, що саме ДНК, а не білки, є носієм генетичної інформації. Вони використовували бактеріофаги та радіоактивне мічення для відстеження передачі генетичного матеріалу.

Британський біохімік Фредерік Сенгер розробив метод секвенування ДНК, відомий як метод Сенгера, який дозволив точно визначати послідовність нуклеотидів у ДНК. За свої досягнення в галузі біохімії він двічі отримував Нобелівську премію з хімії — у 1958 та 1980 роках. **Метод секвенування ДНК** — це сукупність біохімічних методів, що дозволяють визначити точну послідовність нуклеотидів (аденіну, гуаніну, цитозину, тиміну) у молекулі ДНК. Знання цієї послідовності є фундаментальним для розуміння генетичної інформації, її зберігання, передачі та реалізації, а також для вивчення різноманіття живих організмів, діагностики захворювань, криміналістики та багатьох інших галузей.

Історично першим широко використовуваним методом секвенування був **метод Сенгера (метод обриву ланцюга)**, розроблений Фредом Сенгером у 1977 році. Він базується на синтезі комплементарних ниток ДНК за допомогою ДНК-полімерази, з використанням спеціальних термінуючих дидезоксирибонуклеотидів (ddNTP), які припиняють синтез ланцюга в певних позиціях. Це призводить до утворення набору фрагментів різної довжини, які потім розділяють електрофорезом для визначення послідовності.

З розвитком технологій з'явилися **методи секвенування нового покоління (Next-Generation Sequencing, NGS)**, такі як Ілюміна (Illumina), Іон Торрент (Ion Torrent), РасВіо та інші. Ці методи дозволяють секвенувати мільйони або навіть мільярди фрагментів ДНК паралельно, значно збільшуючи швидкість, знижуючи вартість і підвищуючи ефективність процесу. NGS-технології зробили можливим реалізацію масштабних проєктів, таких як Проєкт "Геном людини", та широко застосовуються в дослідженнях онкологічних

захворювань, ідентифікації патогенів, персоналізованій медицині та біорізноманітті [18].

Ці вчені зробили визначальний внесок у розуміння структури та функцій інформаційних молекул, що стало основою для сучасної молекулярної біології фізики та генетики.

1.2. Основні види інформаційних молекул та їхні структурні особливості

Інформаційні молекули становлять фундаментальну основу життєдіяльності всіх організмів, оскільки саме вони забезпечують зберігання, передавання, реалізацію та регуляцію спадкової біологічної інформації, необхідної для нормального функціонування клітини, росту, розвитку та відтворення живих істот. Основними представниками цієї групи є нуклеїнові кислоти — дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК) і рибонуклеїнова кислота (РНК), а також білки, які виконують ключові функції в реалізації генетичної інформації.

Дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК) є однією з двох основних типів нуклеїнових кислот, що функціонує як головний носій спадкової інформації у переважній більшості живих організмів – від бактерій до людини. Ця складна макромолекула є полімером, побудованим з мономерних одиниць, які називаються **дезоксирибонуклеотидами** [4, с. 22]. ДНК є основним носієм спадкової інформації у всіх живих організмах, за винятком деяких вірусів. Її молекула складається з двох полінуклеотидних ланцюгів, закручених у правозакручену спіраль — так звану подвійну спіраль. Кожен ланцюг утворений з нуклеотидів, які складаються з трьох компонентів: азотистої основи (аденін, тимін, гуанін або цитозин), дезоксирибози (п'ятиатомного цукру) та фосфатної групи. Азотисті основи з'єднуються між собою за принципом комплементарності: аденін спарюється з тиміном, а гуанін — з цитозином. Ця структура забезпечує точне копіювання генетичної інформації під час реплікації ДНК

Фізична структура молекули ДНК являє собою дволанцюгову спіраль, яка складається з двох довгих ланцюгів, утворених нуклеотидами. Кожен нуклеотид

складається з трьох компонентів: азотистої основи (аденін, тимін, гуанін або цитозин), п'ятиатомного цукру (дезоксирибози) та фосфатної групи. Ланцюги ДНК з'єднані між собою фосфодієфірними зв'язками між фосфатною групою одного нуклеотиду та цукром іншого. Азотисті основи з протилежних ланцюгів з'єднуються за принципом комплементарності: аденін з тиміном, а гуанін з цитозином.

Подвійна спіраль ДНК закручується праворуч, утворюючи стабільну та компактну структуру. Кожен оберт спіралі містить близько 10 пар основ. Така організація молекули дозволяє ефективно зберігати генетичну інформацію та забезпечує точність її відтворення під час реплікації і транскрипції. Таким чином, структура ДНК оптимізована для її функцій зберігання та передачі спадкової інформації.

Рибонуклеїнова кислота (РНК) – це тип нуклеїнових кислот, що складається з одного полінуклеотидного ланцюга, хоча завдяки внутрішньомолекулярним водневим зв'язкам він може утворювати складні вторинні та третинні структури. Мономером РНК є нуклеотиди, кожен з яких включає азотисту основу (аденін, гуанін, цитозин або урацил замість тиміну), п'ятивуглецевий цукор рибозу та залишок фосфорної кислоти [2, с. 45]. Існує кілька основних типів РНК, кожен з яких має специфічну структуру та функцію:

Інформаційна РНК (іРНК): слугує матрицею для синтезу білків. Вона переносить генетичну інформацію з ДНК до рибосом, де відбувається трансляція.

Рибосомна РНК (рРНК): входить до складу рибосом і забезпечує каталіз хімічних реакцій під час синтезу білків.

Транспортна РНК (тРНК): переносить амінокислоти до рибосом і забезпечує їх правильне розташування відповідно до кодонів іРНК.

Фізична структура рибонуклеїнової кислоти (РНК) характеризується одноланцюговістю молекули, що є її основною відмінністю від дволанцюгової структури ДНК. Кожен ланцюг РНК складається з нуклеотидів, які з'єднуються між собою фосфодієфірними зв'язками, що утворюються між 3'-гідроксильною групою одного нуклеотиду та 5'-фосфатною групою іншого. Нуклеотиди містять

п'ятикарбоний цукор рибозу, фосфатну групу та одну з чотирьох азотистих основ: аденін (A), гуанін (G), цитозин (C) або урацил (U). [5]

Хоча РНК є одонитковою молекулою, її ланцюг може формувати внутрішні водневі зв'язки, утворюючи структури на зразок шпильок або петель. Це спарювання основ між комплементарними парами, наприклад, аденін з урацилом і гуанін з цитозином, призводить до формування вторинних структур, які важливі для функціонування РНК. Такі структури властиві всім типам РНК і мають вирішальне значення для виконання її біологічних функцій.

Білки — це полімери, утворені з амінокислот, які з'єднані пептидними зв'язками. Вони виконують широкий спектр функцій у клітині, включаючи каталіз хімічних реакцій (ферменти), транспорт речовин, структурну підтримку та регуляцію процесів. Структура білка визначає його функцію і складається з чотирьох рівнів: первинної (послідовність амінокислот), вторинної (α -спіралі та β -листки), третинної (тривимірна конфігурація) та четвертинної (комплекс з кількох поліпептидних ланцюгів).

Фізична структура молекули білка має багаторівневу організацію, що дозволяє їй виконувати різноманітні біологічні функції. Це включає чотири основні рівні: первинну, вторинну, третинну та четвертинну структури.

Первинна структура білка визначається його лінійною послідовністю амінокислот, які з'єднані пептидними зв'язками між аміногрупою однієї амінокислоти та карбоксильною групою іншої. Ці зв'язки є основою для формування більш складних структур білка.

Вторинна структура виникає через утворення локальних просторих конфігурацій, таких як альфа-спіралі та бета-складчасті листки, що стабільні завдяки водневим зв'язкам між атомами водню аміногрупи та кисню карбоксильної групи. Ці елементи вторинної структури мають важливе значення для стабільності і функціонування молекули.

Третинна структура є тривимірним розташуванням поліпептидного ланцюга. Вона формується завдяки різним взаємодіям, зокрема водневим, іонним, гідрофобним і дисульфідним зв'язкам. Третинна структура визначає

функціональну активність білка та його здатність взаємодіяти з іншими молекулами.

Четвертинна структура характерна для білків, що складаються з кількох поліпептидних ланцюгів (субодиниць), які з'єднуються між собою. Ця структура є важливою для виконання складних біологічних функцій, прикладом чого є гемоглобін, що складається з чотирьох субодиниць.

Таким чином, фізична структура білка є результатом взаємодії між амінокислотними залишками та хімічними властивостями середовища, що дозволяє білкам виконувати свої функції в клітинах організмів.

1.3. Біологічне значення інформаційних молекул

Інформаційні молекули відіграють надзвичайно важливу роль у життєдіяльності живих організмів, оскільки вони є основними носіями і передавачами генетичної та біологічної інформації, необхідної для функціонування клітин та організмів в цілому. Ці молекули, серед яких найбільш відомими є ДНК і РНК, здійснюють збереження, передачу та реалізацію генетичних програм, що визначають всі біологічні процеси.

1. Збереження та передача генетичної інформації:

Основним носієм спадкової інформації є ДНК (дезоксирибонуклеїнова кислота). Її структура у вигляді подвійної спіралі забезпечує високу стабільність і точність збереження інформації. Кожен організм має свій набір генів, що визначають його характеристики та особливості розвитку. Реплікація ДНК забезпечує її точне копіювання, що дозволяє передавати генетичну інформацію від одного покоління до іншого, підтримуючи стабільність видів.

2. Реалізація генетичної інформації:

РНК (рибонуклеїнова кислота) бере на себе важливу роль у передаванні і реалізації генетичної інформації. Коли клітина потребує певного білка, інформація з ДНК переноситься в РНК. ІРНК (інформаційна РНК) є своєрідною копією певного сегмента ДНК, що використовується для синтезу білка. Вона переносить інформацію з ядра до рибосом, де відбувається синтез білка, а

транспортна РНК (тРНК) доставляє амінокислоти до рибосом для утворення білкових ланцюгів.

3. Регуляція клітинних процесів:

Інформаційні молекули також є важливими для регуляції клітинних процесів. Вони забезпечують контроль над тим, коли, де і в якій кількості синтезуються певні білки, що необхідні для підтримання нормального функціонування клітини. Це включає регуляцію процесів транскрипції та трансляції, а також контроль за стабільністю РНК, її деградацією та відновленням.

4. Біосинтез білків:

Біосинтез білків – це фундаментальний клітинний процес, що забезпечує утворення білкових молекул відповідно до генетичної інформації, закодованої у послідовності нуклеотидів матричної (інформаційної) РНК (мРНК). Цей процес є центральною ланкою в реалізації спадкової інформації і відбувається у цитоплазмі клітини на спеціальних органелах – **рибосомах** [3, с. 63]. Одним із ключових процесів, для яких інформаційні молекули є необхідними, є біосинтез білків. Білки є основними структурними та функціональними одиницями клітин, що забезпечують всі біохімічні реакції. Інформація з ДНК через іРНК передається до рибосом, де за допомогою тРНК відбувається складання амінокислот в певному порядку, утворюючи білок. Цей процес є важливим для клітин, оскільки без правильного синтезу білків неможливо виконувати основні функції життя.

5. Важливість для життєдіяльності організмів:

Завдяки своїй здатності зберігати і передавати генетичну інформацію, а також регулювати біохімічні процеси, інформаційні молекули є основою для підтримки життєдіяльності організмів. Вони не лише визначають фізичні та біологічні особливості організмів, але й дозволяють їм адаптуватися до змін в навколишньому середовищі, забезпечуючи їх виживання і репродукцію.

Отже, роль інформаційних молекул в біології не можна недооцінювати, оскільки вони безпосередньо визначають всі аспекти життя на молекулярному рівні, від генетичної спадковості до виконання ключових клітинних функцій.

РОЗДІЛ 2 . АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВИВЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОЛЕКУЛ В СЕРЕДНІЙ ШКОЛІ

2.1. Місце та роль вивчення структурних особливостей інформаційних молекул чинній програмі з фізики

Вивчення фізики в середній школі покликане формувати в учнів науковий світогляд та розуміння основних законів природи. Однак сучасна освіта не обмежується лише вивченням класичних фізичних явищ, таких як механіка, оптика чи електрика. Важливою складовою є також інтеграція знань з інших природничих наук, зокрема біології та хімії, що дозволяє сформувати у школярів цілісне уявлення про світ. Одним із таких важливих елементів є вивчення структурних особливостей молекул, зокрема інформаційних молекул, таких як ДНК, РНК та білки. Ці молекули є основою життєдіяльності організмів і відіграють ключову роль у збереженні та передачі генетичної інформації.

Вивчення молекулярної фізики є невід'ємною частиною програми з фізики в середній школі, починаючи з 7 класу. Основи молекулярно-кінетичної теорії будови речовини пояснюють фізичні явища на мікроскопічному рівні, дозволяючи учням зрозуміти, чому речовини мають певні фізичні властивості, такі як температура, тиск, об'єм і маса. Ключовим поняттям є молекула — найменша частинка речовини, яка зберігає її хімічні та фізичні властивості.

У 7 класі програма з фізики охоплює вивчення молекул і атомів, їх структури та взаємодії. Учні знайомляться з поняттям молекул як складових частин всіх речовин, що складаються з атомів, а також з основними властивостями молекул, такими як їх розмір і маса. Вивчення молекулярної фізики на цьому етапі дозволяє школярам зрозуміти основи багатьох фізичних явищ, таких як теплопровідність, розширення тіл, властивості газів тощо.

У старших класах (10–11 класах) вивчення молекул і їхніх властивостей продовжується, і програма з фізики стає значно більш детальною та глибокою. Вивчення молекулярної фізики в старших класах фокусується на термодинаміці, елементах молекулярно-кінетичної теорії, законі Бойля-Маріотта та ідеальному газі. **Закон Бойля-Маріотта** — це фундаментальний газовий закон, що описує взаємозв'язок між тиском та об'ємом ідеального газу за незмінних умов. Згідно з

цим законом, **при постійній температурі та незмінній масі газу, об'єм газу обернено пропорційний його тиску** [6, с. 147]. Це означає, що якщо тиск газу збільшується, його об'єм відповідно зменшується, і навпаки.

Ці теми дозволяють учням краще розуміти, як молекули взаємодіють між собою, як зміни в температурі та тиску впливають на їхню поведінку, а також чому ці процеси мають таке значення для різних фізичних явищ.

Молекулярно-кінетична теорія, що лежить в основі вивчення молекул, є також основою для розуміння багатьох біологічних процесів, таких як транспортування молекул у клітинах або процеси, пов'язані з енергією в живих організмах. Це дозволяє учням поєднати знання з фізики та біології, формуючи цілісне уявлення про процеси, які відбуваються на молекулярному рівні в живих організмах.

Важливість вивчення молекул у контексті фізики полягає не тільки в розумінні фізичних явищ, але й у розвитку міждисциплінарних зв'язків. Фізика тісно пов'язана з хімією та біологією, і знання з однієї дисципліни допомагають зрозуміти інші. Розуміння молекулярної структури речовини та процесів, які відбуваються в молекулах, дає змогу пояснити численні явища, що відбуваються на мікроскопічному рівні в живих організмах. Це особливо актуально в умовах сучасного розвитку науки, де межі між окремими дисциплінами поступово стираються.

Зокрема, вивчення таких інформаційних молекул, як ДНК та РНК, в рамках програми фізики дозволяє учням зрозуміти не тільки фізичні принципи, але й важливість цих молекул у контексті біології та генетики. ДНК містить генетичну інформацію, що визначає всі біологічні процеси, включаючи розвиток клітин, їхню функціональність та взаємодію з іншими клітинами. РНК бере участь у передачі цієї інформації, а білки, що синтезуються на основі генетичної інформації, є важливими складовими, що здійснюють біохімічні реакції в організмі.

Вивчення структурних особливостей молекул у фізиці не обмежується лише теоретичними знаннями. У навчальному процесі активно використовуються лабораторні роботи та практичні заняття, які дають

можливість учням не тільки отримати знання, але й набути навичок практичного застосування теоретичних знань. Лабораторні роботи з молекулярної фізики дозволяють учням спостерігати явища на молекулярному рівні, а також зрозуміти, як фізичні закони працюють в реальному світі.

Для вивчення структур молекул використовуються також візуальні моделі, комп'ютерні симуляції та графічні програми, що дозволяють уявити, як виглядають молекули та їхня структура. Водночас, методи активного навчання, такі як проблемно орієнтоване навчання та інтерактивні заняття, сприяють розвитку критичного мислення у школярів.

В результаті, молекулярна фізика в середній школі сприяє не тільки розвитку наукового мислення, але й інтеграції знань з різних наукових дисциплін, що дозволяє учням краще розуміти навколишній світ та механізми, які відбуваються на мікроскопічному рівні в організмах.

2.2. Аналіз підручників та навчально-методичних матеріалів, моделей та наочності для формування уявлень про структуру молекул

Вивчення молекул та їхньої структури є важливою складовою сучасної освітньої програми з фізики в середній школі. Це дозволяє учням зрозуміти основи молекулярно-кінетичної теорії, яка пояснює фізичні властивості речовини на мікроскопічному рівні. Однак ефективне засвоєння цього матеріалу значною мірою залежить від якості навчально-методичних матеріалів, моделей та наочності, що використовуються в навчальному процесі.

Сучасні підручники з фізики для середньої школи містять розділи, присвячені молекулярній фізиці, де розглядаються основи молекулярно-кінетичної теорії, будова молекул, їхні властивості та взаємодії. Наприклад, у підручнику П. М. Якібчука та М. М. Кліма "Молекулярна фізика" детально розглядаються питання, пов'язані з внутрішньою будовою і фізичними властивостями газів, рідин і твердих тіл, явищами перенесення, фазовими переходами першого і другого роду, розчинами тощо . Цей підручник є важливим джерелом для вчителів і учнів, оскільки надає ґрунтовне теоретичне підґрунтя та численні приклади для розв'язування задач [8].

Використання міжпредметних зв'язків є ефективним методом формування уявлень про структуру молекул. У дослідженні М. М. Бенедисюка "Система завдань міжпредметного змісту як засіб формування компетентності з фізики в учнів основної школи" розроблено методику використання міжпредметних завдань для формування компетентності учнів у вивченні фізики. Ця методика передбачає інтеграцію знань з фізики, хімії та біології, що сприяє глибшому розумінню учнями молекулярної структури речовини [7, с. 15]

Використання моделей та наочних засобів є важливим елементом у навчанні молекулярної фізики. Моделі молекул, представлені у вигляді схем, малюнків або тривимірних моделей, дозволяють учням візуалізувати структуру молекул та їхні взаємодії. Це сприяє кращому розумінню складних теоретичних концепцій. Крім того, використання комп'ютерних симуляцій та анімацій може значно покращити сприйняття матеріалу учнями, оскільки дозволяє спостерігати за процесами на молекулярному рівні в динаміці.

Практичні заняття та лабораторні роботи є важливою складовою навчання молекулярної фізики. Вони дозволяють учням на практиці ознайомитися з експериментальними методами дослідження молекул та їхніх властивостей. Наприклад, проведення дослідів, що демонструють молекулярний рух, такі як спостереження за Броунівським рухом, допомагає учням наочно переконатися в існуванні молекул та їхньому хаотичному русі.

Сучасні цифрові технології відкривають нові можливості для навчання молекулярної фізики. Використання інтерактивних програм, віртуальних лабораторій та онлайн-ресурсів дозволяє учням самостійно досліджувати молекулярні процеси, проводити віртуальні експерименти та отримувати миттєвий зворотний зв'язок. Це сприяє розвитку в учнів навичок самостійного навчання та критичного мислення.

2.3 Вікові особливості учнів щодо сприйняття понять з вивчення структурних особливостей інформаційних молекул

Вивчення структурних особливостей інформаційних молекул, таких як ДНК, РНК та білки, вимагає від учнів здатності до абстрактного мислення,

просторової уяви та логічного аналізу. Ці когнітивні навички формуються поступово і залежать від вікових та індивідуальних особливостей учнів.

Учні молодшого шкільного віку характеризуються переважанням наочно-образного мислення, що ускладнює засвоєння абстрактних понять, таких як молекулярна структура речовин. Вони краще сприймають інформацію, яка має конкретне візуальне представлення. Тому ефективним є використання моделей, схем та ілюстрацій, які допомагають учням уявити структуру молекул. Застосування інтерактивних методів навчання, таких як віртуальні лабораторії та комп'ютерні симуляції, також сприяє кращому розумінню складних біологічних процесів. Для даної вікової групи була розроблена навчальне заняття на тему: **«ДНК — книжка інструкцій для нашого тіла»**

Навчальна мета: Ознайомити учнів з поняттям клітини та інформаційної молекули (ДНК).

- Сформувані уявлення про ДНК як інструкцію, яка керує тілом.

Розвивальна:

- Розвивати уяву, логічне мислення, здатність порівнювати.

Виховна:

- Виховувати цікавість до природи, організму, науки.

Особливості сприйняття: учні краще сприймають знання у формі гри, казки, асоціації.

Методи:

- використання мультфільмів та малюнків;
- порівняння ДНК з інструкцією LEGO або рецептом;
- рольові ігри (учні зображають частинки молекул);
- творчі завдання (розфарбування спіралі ДНК).

Структура заняття:

1. Організаційний момент (3 хв)

- Привітання, позитивний настрій: *«Сьогодні ми дізнаємось, як тіло знає, якими ми повинні бути!»*

2. Мотивація та вступ (5 хв)

- Запитання: *«Як тіло знає, що в нас будуть очі? Чому в нас росте волосся?»*

- Коротка розповідь: «Усередині нас є таємна інструкція — її називають ДНК».

3. Пояснення нового матеріалу (10 хв)

- Простими словами:
 - ДНК — це як інструкція або книжка.
 - Вона є у кожній клітинці.
 - Вона «розповідає», як будувати тіло: руки, очі, колір волосся.
- Демонстрація:
 - Малюнок подвійної спіралі.
 - Порівняння: ДНК = LEGO-інструкція / рецепт пирога.
- Відео або мультфільм (1–2 хв): анімація «Що таке ДНК?» (без складних термінів).

4. Творча частина (10 хв)

- Завдання: **"Розфарбуй ДНК"**
 - Діти отримують шаблон подвійної спіралі і фарбують її кольоровими парами.
 - У кого немає кольору — з'єднують однакові «цеглинки» (А-Т, Г-Ц).

5. Руханка-гра «Ми — молекули!» (5 хв)

- Діти стають парами і з'єднуються «руками» як нуклеотиди.
- Учитель каже: «А з'єднується з Т, Г з Ц», діти стають у пари за вказівкою.

6. Узагальнення (5 хв)

- Питання-відповіді:
 - Де знаходиться ДНК?
 - На що вона схожа?
 - Для чого вона потрібна?
- Міні-гру: «Так / Ні»
 - «ДНК є в кожному банані?» — Так!
 - «ДНК можна побачити оком?» — Ні!

7. Завершення і домашнє завдання (2 хв)

- Подяка за роботу.
- Домашнє завдання:

- *Намалювати, як ти уявляєш книжку, яка керує тілом.*

У середньому шкільному віці учні починають розвивати абстрактне мислення, що дозволяє їм краще розуміти складні наукові концепції. Вони здатні встановлювати причинно-наслідкові зв'язки та аналізувати інформацію на більш глибокому рівні. Проте, для ефективного засвоєння матеріалу, важливо поєднувати теоретичні знання з практичними завданнями, які дозволяють учням застосовувати отримані знання на практиці. Методи навчання, що включають проблемне навчання та дослідницькі проекти, сприяють розвитку критичного мислення та глибшому розумінню матеріалу. Для даної вікової групи була розроблена навчальне заняття на тему: **«ДНК — носій спадкової інформації»**

Основи структури інформаційних молекул»

Навчальна мета:

Навчальна:

- Ознайомити учнів із структурою ДНК та РНК, роллю нуклеотидів.
- Сформулювати уявлення про принцип комплементарності та передачу спадкової інформації.

Розвивальна:

- Розвивати логічне мислення, увагу, вміння працювати в команді.

Виховна:

- Формувати інтерес до біології, відповідальне ставлення до навчання, культуру співпраці.

Особливості сприйняття: учні потребують поєднання візуального та логічного підходу, люблять взаємодію в групах.

Методи:

- демонстрація презентацій і відео;
- групова робота;
- дидактична гра «Збери молекулу»;
- картки з нуклеотидними парами.

Структура заняття:

1. Організаційний момент (2–3 хв)

- Привітання, перевірка присутніх.

- Встановлення теми: «Сьогодні ми зазирнемо всередину клітини — у саме серце життя — ДНК!»

2. Актуалізація знань (5 хв)

- Фронтальне опитування:
 - Що таке клітина?
 - Які органели в ній є?
 - Де може зберігатися інформація?
- Демонстрація схематичного зображення клітини з ядром.

3. Вивчення нового матеріалу (15 хв)

Пояснення основних понять:

- Що таке ДНК? (дезоксирибонуклеїнова кислота)
- Що таке нуклеотиди (А, Т, Г, Ц)?
- Як влаштована подвійна спіраль?
- Принцип комплементарності:
 - А—Т, Г—Ц
- Що таке РНК і в чому її відмінність?

Методи подачі:

- Відеофрагмент (2–3 хв): «Як працює ДНК» (анімація)
- Схема на дошці або екрані — будова ДНК
- Аналогії: ДНК = інструкція / рецепт / код

4. Інтерактивна частина (15 хв)

Завдання: “Збери ДНК” (робота в парах або трійках):

- Кожна група отримує «нуклеотидні пари» (кольорові паперові елементи або стікери).
- Завдання — скласти ланцюг ДНК, дотримуючись правил комплементарності.

Додатково (за часом):

- Заповнення таблиці:

ДНК	РНК
Цукор: дезоксирибоза	Цукор: рибоза

ДНК	РНК
Азотисті основи: А, Т, Г, Ц	А, У, Г, Ц
Подвійний ланцюг	Одинарний ланцюг

5. Закріплення знань (5 хв)

- Міні-вікторина «Так / Ні»:
 - ДНК зберігається в ядрі? (Так)
 - У ДНК є урацил? (Ні)
 - Нуклеотиди — це частини ДНК? (Так)
 - ДНК і РНК — однакові? (Ні)

6. Підсумок уроку (2–3 хв)

- Узагальнення:

«Ми дізнались, що ДНК — це інструкція, записана з чотирьох букв, яка керує усім нашим тілом!»
- Питання: Що вас найбільше здивувало сьогодні?

7. Домашнє завдання (вибіркове)

Обов'язкове:

- Вивчити терміни: ДНК, нуклеотид, комплементарність.
- Творче (за бажанням):
- Намалювати модель ДНК з поясненням основних складових.

Учні старшого шкільного віку мають розвинене абстрактне мислення та здатність до самостійного аналізу складної інформації. Вони можуть розуміти та інтерпретувати наукові тексти, аналізувати дані та формулювати власні висновки. У навчальному процесі ефективним є використання методів, що стимулюють самостійну роботу, таких як дослідницькі проекти, аналіз наукових статей та участь у наукових дискусіях. Це сприяє розвитку наукового мислення та підготовці учнів до подальшого навчання у вищих навчальних закладах. Для даної вікової групи була розроблена навчальне заняття на тему: **«Структурні особливості інформаційних молекул: ДНК, РНК та білки»**

Навчальна мета:

Навчальна:

- Сформувати глибоке розуміння структури та функцій ДНК, РНК та білків.
- Ознайомити з процесами реплікації, транскрипції та трансляції.
- Ввести поняття «генетичний код», «антикодон», «триплет».

Розвивальна:

- Розвивати навички аналізу схем, міжпредметну інтеграцію (біологія + хімія).
- Розвивати критичне та системне мислення.

Виховна:

- Виховувати повагу до наукового пізнання, інтерес до молекулярної біології, відповідальне ставлення до майбутньої професії (для медичних/біо-наук).

Особливості сприйняття: учні здатні до абстрактного мислення, аналізу та узагальнення.

Методи:

- мультимедійна лекція;
- схемний аналіз;
- моделювання молекулярних процесів (на прикладі: «ДНК → РНК → білок»);
- тестування для перевірки розуміння.

Структура заняття:

1. Організаційний момент (2–3 хв)

- Перевірка присутніх.
- Повідомлення теми: *«Сьогодні ми розберемося, як працює головний код нашого життя — ДНК, і як з неї створюються білки».*

2. Актуалізація опорних знань (5 хв)

- Фронтальне опитування:
 - Що таке клітина?
 - Що таке ядро?
 - Для чого потрібен білок у клітині?
- Коротке повторення з попередніх тем:
 - будова нуклеїнових кислот;

- органели, що беруть участь у синтезі білків (рибосоми, ядро, цитоплазма).

3. Вивчення нового матеріалу (20 хв)

Блок 1: Структура ДНК та РНК (7 хв)

- Первинна структура ДНК: послідовність нуклеотидів (А, Т, Г, Ц).
- Подвійна спіраль.
- Комплементарність: А–Т, Г–Ц.
- Відмінності між ДНК і РНК (таблиця).

Блок 2: Генетичний код та транскрипція (6 хв)

- Поняття гена, триплету (кодона).
- Суть транскрипції: переписування генетичної інформації з ДНК на мРНК.
- Роль ферменту РНК-полімерази.

Блок 3: Трансляція та синтез білка (7 хв)

- Перенесення мРНК в цитоплазму.
- Роль тРНК (антикодон) і рибосом.
- Побудова поліпептидного ланцюга з амінокислот.

Схематичне пояснення:

- Малювання схеми: ДНК → мРНК → білок
- Пояснення взаємозв'язку будови і функції

4. Інтерактивна частина (10 хв)

Практичне завдання «Розшифруй генетичний код»:

- Учням видаються послідовності нуклеотидів (наприклад: АТГ–ЦЦА–ГТТ).
- Потрібно:
 1. Переписати послідовність у вигляді мРНК.
 2. Визначити амінокислотну послідовність за таблицею кодонів.

Або:

Моделювання процесу трансляції — робота з роздрукованими схемами.

5. Узагальнення та рефлексія (5 хв)

- Учні відповідають на запитання:
 - Яка роль РНК у клітині?

- Що відбувається під час трансляції?
- Чому структура ДНК є стабільною?
- Вправа «1 речення»:
 - Завершіть: *«Я зрозумів(ла), що білки створюються...»*
 - Або: *«ДНК — це як...»*

6. Домашнє завдання (2 хв)

Обов'язкове:

- Вивчити ключові терміни: ДНК, РНК, транскрипція, трансляція, кодон, антикодон.
- Підготувати короткий опис (до 100 слів): *«Як із ДНК утворюється білок?»*

Творче (за бажанням):

- Намалювати або змоделювати процес транскрипції і трансляції.

Врахування вікових особливостей учнів є ключовим фактором у процесі вивчення структурних особливостей інформаційних молекул. Застосування відповідних методів навчання, що відповідають рівню розвитку когнітивних навичок учнів, сприяє ефективному засвоєнню матеріалу та розвитку наукового мислення. Поєднання теоретичних знань з практичними завданнями, використання наочних матеріалів та інтерактивних технологій дозволяє створити сприятливе навчальне середовище для учнів різного віку.

РОЗДІЛ 3. ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ У ВИВЧЕННІ ОСОБЛИВОСТЕЙ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОЛЕКУЛ В СЕРЕДНІЙ ШКОЛІ

3.1. Основні проблеми та перспективи вивчення структурних особливостей інформаційних молекул в середній школі

Вивчення структурних особливостей інформаційних молекул (ДНК, РНК та білків) є надзвичайно важливою складовою шкільної фізики та біології, оскільки ці знання лежать в основі розуміння механізмів життєдіяльності організмів, спадковості, еволюції та біотехнологічних процесів. Проте впровадження цієї теми у шкільну програму супроводжується як об'єктивними труднощами, так і значним потенціалом для розвитку сучасної освіти.

До основних проблем можна віднести наступні:

Складність та абстрактність навчального матеріалу: біомолекули мають складну тривимірну структуру, що часто не може бути повністю передана на двовимірній площині підручника. Поняття, як-то подвійна спіраль ДНК, антипаралельність ланцюгів, трансляція чи фолдинг білків (**Фолдинг білків** — це процес, під час якого щойно синтезований лінійний поліпептидний ланцюг спонтанно або за допомогою допоміжних білків (шаперонів) набуває своєї унікальної, стабільної **тривимірної просторової структури (нативної конформації)**). Саме ця специфічна просторова структура є функціональною формою білка. Якщо білок не фолдується коректно, він зазвичай втрачає свою біологічну активність і може бути небезпечним для клітини, утворюючи агрегати [9, с. 65]), потребують певного рівня просторової уяви та абстрактного мислення. Учні середньої школи часто ще не досягли того когнітивного рівня, щоб без допомоги ззовні повністю зрозуміти ці структури та їхню динаміку. Через це вивчення теми нерідко зводиться до механічного запам'ятовування термінів без глибокого осмислення.

Обмеження в навчально-методичному забезпеченні: у більшості загальноосвітніх шкіл України підручники містять лише базову інформацію про молекулярну будову речовин. Інформаційні молекули часто розглядаються схематично та поверхнево. До того ж, наочність (моделі, таблиці, 3D-зображення) або зовсім відсутня, або не адаптована до вікових особливостей

учнів. Цим значно ускладнюється процес формування повноцінного уявлення про функціонування інформаційних молекул на клітинному рівні.

Недостатня підготовка вчителів та їх перевантаженість: часто вчителі фізики не мають достатнього рівня спеціалізованої підготовки у сфері структурних особливостей інформаційних молекул, що пояснюється відсутністю належної уваги до цієї теми під час університетського навчання. Крім того, педагогічне навантаження та обмеженість навчального часу змушують викладачів обмежуватись поверхневим викладом матеріалу. Через це формування в учнів повноцінного уявлення про структурну організацію інформаційних молекул відкладається або зовсім ігнорується.

Відсутність інтегративного підходу до викладання: нерідко біологічні теми подаються ізольовано від знань з хімії та фізики, хоча саме ці науки дозволяють глибше зрозуміти природу молекулярних зв'язків, зарядів, електронної конфігурації та енергетики молекулярної взаємодії. Без узгодженого міжпредметного підходу учні не здатні побачити цілісну картину і часто сприймають молекули як щось відірване від реальної біології.

До перспективних моментів можна віднести наступне:

Інтеграція цифрових технологій у навчальний процес: використання інтерактивних платформ, віртуальних лабораторій, анімацій та 3D-моделювання відкриває великі можливості для подання складного матеріалу в доступній формі. Наприклад, програми на кшталт **BioRender** — це онлайн-платформа, розроблена спеціально для науковців, дослідників та викладачів, що дозволяє легко створювати професійні та естетично привабливі **наукові ілюстрації, схеми, діаграми та презентації**. Сервіс містить величезну бібліотеку з понад 40 тисяч (і постійно зростаючу) готових, науково перевірених іконок, шаблонів та елементів з різних галузей біології, медицини, хімії та інших природничих наук.

BioRender значно спрощує процес візуалізації складних наукових концепцій, експериментальних дизайнів, клітинних процесів або молекулярних механізмів, усуваючи необхідність у складних графічних редакторах або навичках професійного дизайну. Завдяки інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу "перетягни та відпусти" (drag-and-drop), користувачі можуть швидко створювати

якісні зображення для наукових публікацій, грантових заявок, презентацій на конференціях, навчальних матеріалів та постерів. Платформа забезпечує консистентність наукових зображень і значно прискорює робочий процес [10].

Molecular Workbench (MW) — це потужне, інтерактивне та безкоштовне програмне забезпечення (або онлайн-платформа), розроблене для візуалізації та симуляції явищ на атомно-молекулярному рівні. Вона дозволяє користувачам досліджувати широкий спектр фізичних, хімічних та біологічних процесів, від руху окремих атомів та молекул до складних взаємодій у матеріалах, газах та рідинах. MW надає можливість будувати власні молекулярні моделі, проводити віртуальні експерименти, змінювати параметри (температуру, тиск, силу взаємодії) та спостерігати за поведінкою систем у реальному часі. Платформа активно використовується в освіті та науці для:

- **Навчання:** Допомагає учням та студентам візуалізувати абстрактні концепції (наприклад, броунівський рух, фазові переходи, хімічні реакції, дифузія) та розвивати інтуїтивне розуміння молекулярних явищ.
- **Досліджень:** Дозволяє моделювати поведінку матеріалів та молекулярних систем для попереднього аналізу або демонстрації результатів [11].

Онлайн-сервіси типу **Visible Body** – це провідна інтерактивна 3D-платформа для вивчення анатомії, фізіології та патології людського тіла. Вона надає детальні, візуально насичені моделі та анімації, що дозволяють користувачам (студентам, викладачам, медичним працівникам та широкій публіці) досліджувати людський організм на різних рівнях – від макроскопічних систем органів до мікроскопічної будови тканин і клітин.

Платформа включає кілька модулів, таких як "Human Anatomy Atlas", "Physiology & Pathology", "Muscles Premium" та інші, кожен з яких пропонує:

- **Інтерактивні 3D-моделі:** можливість обертати, розрізати, збільшувати та приховувати структури для глибокого вивчення.
- **Детальні описи та визначення:** для кожної анатомічної структури.
- **Анімації та ілюстрації:** що пояснюють фізіологічні процеси та патологічні стани.
- **Тести та вікторини:** для перевірки знань.

Visible Body є цінним інструментом для навчання, самоосвіти та клінічної практики, оскільки він дозволяє візуалізувати складні взаємозв'язки в організмі людини у спосіб, недоступний традиційним атласам[12].

Такі інструменти дозволяють створити динамічні уявлення про структуру ДНК, транскрипцію, трансляцію та згортання білкових ланцюгів. Така візуалізація значно підвищує рівень розуміння теми навіть у молодших школярів.

Розробка сучасних дидактичних матеріалів: освітні видавництва та авторські колективи мають орієнтуватися на створення підручників, в яких складні теми пояснюються на прикладах, життєвих ситуаціях та за допомогою графіки. Особливу увагу слід приділяти адаптації інформації для різного рівня підготовки учнів, передбачаючи диференційовані завдання та пояснення складних термінів у доступній формі.

Підвищення професійної компетентності педагогів: варто організовувати регулярні тренінги, вебінари, семінари для вчителів фізики. Це дасть змогу освітянам не лише актуалізувати власні знання, а й ознайомитися з новими педагогічними підходами, інтерактивними ресурсами та методами подачі складного матеріалу у доступній формі. Вчитель має бути не лише джерелом знань, а й провідником у складному світі сучасної науки.

Інтеграція між предметами: ефективним є впровадження міжпредметних проєктів, де учні можуть застосовувати знання з хімії, фізики, біології та інформатики для моделювання будови інформаційних молекул. Наприклад, створення навчальних презентацій про процес синтезу білка або дослідження генетичних кодів на основі даних з реальних наукових баз сприяє глибшому розумінню та усвідомленню практичної значущості теми.

Формування наукового мислення через проєктну діяльність: проєктна діяльність дозволяє учням не тільки застосовувати знання, а й критично аналізувати інформацію, робити висновки, формулювати гіпотези та самостійно шукати рішення. Це можуть бути мінідослідження про мутації в ДНК, створення моделей амінокислот або створення наочного посібника для молодших класів. Такі підходи формують активну позицію учня як дослідника, зацікавленого у пізнанні світу.

Таким чином, незважаючи на наявність значних проблем у викладанні теми про інформаційні молекули, перспективи її розвитку в сучасній шкільній освіті є обнадійливими. Успішна реалізація зазначених напрямів дозволить поглибити біологічну грамотність учнів та сформувати у них системне бачення природи на молекулярному рівні.

3.2. Потенціал інноваційних підходів до вивчення інформаційних молекул

У сучасному освітньому процесі дедалі більше уваги приділяється впровадженню інноваційних технологій, які мають на меті не лише урізноманітнити навчальний процес, а й зробити його більш ефективним, доступним і привабливим для учнів. Це особливо актуально під час вивчення складних тем природничих дисциплін, зокрема таких, як структурні особливості інформаційних молекул. Традиційні методи навчання, засновані переважно на поясненні та заучуванні, не завжди здатні забезпечити глибоке розуміння матеріалу. Тому потенціал інноваційних підходів у цій сфері є надзвичайно високим і відкриває нові можливості як для учнів, так і для вчителів.

Одним із найбільш перспективних напрямів є використання цифрових візуалізацій та тривимірного моделювання. Завдяки спеціальним програмам учні можуть спостерігати просторову будову таких складних молекул, як ДНК, РНК і білки, що дозволяє краще зрозуміти їхню внутрішню структуру та функціональну організацію. Тривимірні моделі дають змогу розглядати молекули з різних ракурсів, аналізувати їхню форму, послідовність елементів, а також взаємозв'язки між окремими фрагментами, що є важливим для глибшого розуміння біологічних процесів на клітинному рівні.

Ще однією ефективною інновацією є використання віртуальних лабораторій і симуляцій. У тих школах, де відсутні матеріальні можливості для проведення лабораторних дослідів, учні можуть моделювати експерименти в онлайн-середовищі, спостерігати за перебігом складних біохімічних процесів, таких як реплікація ДНК чи синтез білків, змінювати умови дослідів та аналізувати отримані результати. Такий підхід розвиває в учнів навички

дослідницької діяльності, стимулює критичне мислення та підвищує рівень засвоєння знань.

Не менш важливим є впровадження елементів гейміфікації у вивчення фізики. **Елементи гейміфікації у вивченні фізики** – це використання ігрових механік, принципів та дизайну (притаманних комп'ютерним або настільним іграм) у неігровому контексті, зокрема в освітньому процесі з фізики, з метою підвищення мотивації учнів, їхньої залученості та ефективності навчання. Гейміфікація не перетворює урок на гру, а інтегрує окремі ігрові компоненти для створення більш захопливого та інтерактивного навчального середовища.

Серед типових елементів гейміфікації, що можуть бути застосовані у вивченні фізики, виділяють:

- **Бали (очки):** нарахування балів за виконання завдань, розв'язання задач, участь у дискусіях.
- **Рівні та прогрес:** поступове ускладнення завдань, перехід на новий "рівень" знань або навичок після досягнення певних критеріїв.
- **Беджі та нагороди:** віртуальні або реальні відзнаки за досягнення, освоєння тем, активність.
- **Рейтинги та таблиці лідерів:** відображення успіхів учнів, що стимулює змагальний дух.
- **Виклики та місії:** формулювання навчальних завдань у вигляді "місій" або "викликів", що вимагають застосування фізичних знань для їх виконання.
- **Сюжет та наратив:** створення сюжетної лінії для уроку або теми, що робить навчання більш захопливим.
- **Негайний зворотний зв'язок:** швидке інформування учня про правильність/неправильність його дій [13].

Застосування гейміфікації у фізиці допомагає подолати абстрактність предмета, підвищити інтерес до складних тем, сприяє кращому засвоєнню матеріалу через активну участь, експериментування та ігровий підхід до розв'язання проблем.

Інтерактивні ігри, вікторини, головоломки або квести створюють позитивну емоційну атмосферу на уроці, підвищують мотивацію та залученість

учнів у навчальний процес. Граючись, школярі легко засвоюють навіть складні поняття, адже матеріал подається в доступній, інтерактивній формі, що значно підвищує ефективність навчання. Крім того, гейміфіковане середовище сприяє розвитку логічного мислення та командної взаємодії.

Важливо також зазначити, що вивчення інформаційних молекул у межах міждисциплінарного підходу, зокрема через STEM-освіту. **STEM-освіта** — це сучасний підхід до навчання, який інтегрує чотири ключові дисципліни: **Science** (природничі науки), **Technology** (технології), **Engineering** (інженерія) та **Mathematics** (математика). На відміну від традиційного викладання цих предметів окремо, STEM-освіта зосереджується на міждисциплінарному та прикладному підході, що дозволяє учням розуміти взаємозв'язок цих галузей та застосовувати знання для розв'язання реальних проблем.

Основна мета STEM-освіти — підготовка висококваліфікованих фахівців, здатних до інноваційної діяльності, критичного мислення та креативного підходу у вирішенні завдань, що виникають у сучасному світі. Вона передбачає:

- **Практичну спрямованість:** акцент на експериментах, проектах та розв'язанні прикладних задач.
- **Інтеграцію знань:** поєднання понять з різних дисциплін для цілісного розуміння.
- **Розвиток навичок 21 століття:** критичне мислення, креативність, співпраця, комунікація, цифрова грамотність.
- **Підвищення інтересу:** використання інноваційних методів навчання для залучення учнів до вивчення природничо-математичних та інженерних дисциплін.

STEM-освіта відіграє ключову роль у формуванні інноваційного потенціалу країни та її конкурентоспроможності на світовому ринку праці [14].

Це дозволяє значно розширити горизонти учнівських уявлень. Поєднання біології, хімії, фізики, математики та інформатики сприяє глибшому аналізу структури й функцій молекул, адже учні бачать не лише окремі факти, а цілу систему знань, що взаємодіють між собою. У межах STEM-проектів школярі можуть створювати власні моделі ДНК, проводити математичний аналіз

нуклеотидних послідовностей або програмувати симуляції біологічних процесів. Така інтеграція знань стимулює аналітичне та творче мислення, а також формує ключові навички сучасної наукової грамотності.

Окрему увагу заслуговує метод навчання на основі досліджень, який передбачає активне залучення учнів до процесу пізнання через постановку запитань, формування гіпотез, пошук рішень та рефлексію. Самостійна дослідницька діяльність сприяє не лише глибшому засвоєнню навчального матеріалу, а й розвитку навичок, які є надзвичайно важливими в сучасному світі, — уміння працювати з інформацією, аналізувати її, робити висновки та аргументувати власну точку зору.

Особливо перспективними є сучасні технології доповненої та віртуальної реальності, які дають можливість школярам «зануритися» у світ молекул та біологічних процесів. За допомогою AR- і VR-технологій учні можуть взаємодіяти з об'ємними моделями, візуалізувати абстрактні поняття та отримати унікальний досвід спостереження за молекулярними механізмами, що вивчаються на уроках. Це не лише покращує розуміння, а й робить процес навчання захоплюючим і незабутнім.

AR- (Доповнена реальність) та VR- (Віртуальна реальність) технології в навчанні — це інноваційні педагогічні підходи, що використовують можливості цих технологій для створення більш імерсивних, інтерактивних та ефективних освітніх середовищ. Вони перетворюють традиційний процес навчання, забезпечуючи нові способи взаємодії з навчальним матеріалом та візуалізації складних концепцій.

1. AR-технології в навчанні:

- **Принцип:** Дозволяють накладати віртуальні об'єкти, анімації, інтерактивні моделі або текстову інформацію на реальні об'єкти або середовище через екрани смартфонів, планшетів або спеціальні окуляри.
- **Переваги:** Сприяють кращому розумінню просторових взаємозв'язків (наприклад, у анатомії, архітектурі, фізиці), дозволяють проводити віртуальні "лабораторні роботи" без дорогого

обладнання, роблять навчання більш наочним та захопливим. Наприклад, учні можуть "розглядати" 3D-моделі органів, планет або фізичних явищ прямо на своїй парті.

2. VR-технології в навчанні:

- **Принцип:** Занурюють учнів у повністю синтетичне, віртуальне середовище, що створює ефект повної присутності. Користувач взаємодіє з цим середовищем за допомогою VR-гарнітури та контролерів.
- **Переваги:** Дають змогу проводити "екскурсії" у важкодоступні або неіснуючі місця (наприклад, подорож до стародавнього Риму, по Місяцю, всередину людського організму), симулювати небезпечні або дорогі експерименти (хімічні реакції, хірургічні операції), практикувати навички у безпечному контрольованому середовищі. Сприяють розвитку емпатії та софт-скілів через рольові ігри у віртуальному світі.

Застосування AR/VR-технологій в освіті дозволяє перейти від пасивного сприйняття інформації до активної взаємодії, експериментування та "занурення" в навчальний матеріал, що значно покращує запам'ятовування та розуміння [15].

Загалом, використання інноваційних методів і технологій під час вивчення інформаційних молекул відкриває нові можливості для формування глибоких і стійких знань у школярів. Такий підхід не лише покращує засвоєння навчального матеріалу, а й сприяє розвитку ключових компетентностей, необхідних у сучасному інформаційному суспільстві. Впровадження інновацій у навчання — це не данина моді, а необхідність, продиктована запитами часу та потребами нових поколінь учнів.

ВИСНОВКИ

Інформаційні молекули, зокрема ДНК, РНК і білки, відіграють фундаментальну роль у збереженні, передачі та реалізації спадкової інформації в живих організмах. Їхнє вивчення є важливим як у межах шкільної біології, так і для формування базових уявлень про будову та функціонування клітини. Розуміння структурних особливостей цих молекул дозволяє учням досягнути взаємозв'язки між молекулярним рівнем організації життя та загальними біологічними процесами.

Фізична структура інформаційних молекул характеризується високим ступенем складності та просторової організації. ДНК представлена у вигляді подвійної спіралі, що складається з нуклеотидів, з'єднаних водневими зв'язками між азотистими основами. РНК має здебільшого односпіральної структуру, однак її просторові форми можуть бути надзвичайно різноманітними й функціонально активними. Білки мають кілька рівнів структурної організації — від первинної послідовності амінокислот до четвертинної структури, де декілька поліпептидних ланцюгів формують єдину функціональну одиницю.

Дослідженням структури та функцій інформаційних молекул займалися провідні вчені біологічної науки, зокрема Джеймс Вотсон, Френсіс Крік, Моріс Вілкінс, Розалінд Франклін, Жак Моно, Фредерик Сенгер та інші. Їхні відкриття стали основою для розвитку молекулярної біології та генетики як окремих наукових дисциплін.

Вивчення структурних особливостей інформаційних молекул у середній школі є надзвичайно актуальним, адже сприяє розвитку наукового світогляду, біологічної грамотності, а також критичного й логічного мислення. Проте чинна шкільна програма, підручники та навчальні матеріали потребують оновлення як у змістовому, так і в методичному аспектах. Часто матеріал подається фрагментарно, без глибоких пояснень просторової будови молекул, а візуальні засоби обмежуються лише схемами та малюнками.

Психолого-педагогічні особливості учнів середнього шкільного віку вимагають особливого підходу до подачі такого складного матеріалу. Діти в цьому віці формують абстрактне мислення, однак їм ще необхідна наочність,

простота викладу та можливість самостійного дослідження. Тому ефективно засвоєння понять, пов'язаних з молекулярною структурою, можливе лише за умов активного залучення учнів до навчального процесу через досліди, моделювання, обговорення й інтерактивні завдання.

Сучасна освіта має потужний потенціал для оновлення методів навчання завдяки інноваційним технологіям. Використання віртуальних лабораторій, 3D-моделей, доповненої реальності, STEM-проектів і гейміфікації створює сприятливі умови для більш ефективного засвоєння теми. Такі підходи не лише покращують розуміння матеріалу, а й підвищують мотивацію, залученість і зацікавлення учнів.

Таким чином, вивчення структурних особливостей інформаційних молекул у школі повинно здійснюватися на основі сучасних дидактичних і технологічних рішень, з урахуванням вікових особливостей учнів та інноваційного потенціалу освіти. Це дозволить формувати у школярів цілісне уявлення про молекулярну природу життя, а також забезпечити їхню готовність до сприйняття новітніх досягнень науки й техніки в галузі біології, медицини та біотехнологій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Остапченко Л. І., Балан П. Г., Компанець Т. А., Рушковський С. Р. Біологія і екологія (рівень стандарту) : підручник для 10 класу закладів загальної середньої освіти. Київ : Генеза, 2018. 192 с.;
2. Соболев В. І. Біологія і екологія (рівень стандарту): підручник для 10 класу закладів загальної середньої освіти. Кам'янець-Подільський : Абетка, 2018. 272 с.;
3. Межжерін С. В. Біологія: підручник для 10 класу закладів загальної середньої освіти. Київ : Грамота, 2018. 288 с.;
4. Біда О. А., Дерій С. І., Іващенко В. В., Козленко О. Г. Біологія і екологія (рівень стандарту): підручник для 10 класу закладів загальної середньої освіти. Київ : Генеза, 2018. 256 с.;
5. Структура та функція РНК. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://ukrayinska.libretexts.org/Біологія/Мікробіологія/Мікробіологія_\(OpenStax\)/10%3A_Біохімія_генома/10.03%3A_Структура_та_функція_РНК;](https://ukrayinska.libretexts.org/Біологія/Мікробіологія/Мікробіологія_(OpenStax)/10%3A_Біохімія_генома/10.03%3A_Структура_та_функція_РНК;)
6. Бар'яхтар В. Г. та ін. *Фізика: підручник для 10 класу закладів загальної середньої освіти*. Харків : Ранок, 2018. 256 с.;
7. Бенедисюк М. М. *Система завдань міжпредметного змісту як засіб формування компетентності з фізики в учнів основної школи* : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02. К., 2017. 248 с.;
8. Якібчук П. М., Клим М. М. *Молекулярна фізика* : підручник. Львів : Львівський національний університет імені Івана Франка, 2007. 320 с.;
9. Межжерін С. В. Біологія: підручник для 10 класу закладів загальної середньої освіти. Київ : Грамота, 2018. 288 с.;
10. BioRender. The World's First Software for Scientific Figure Making. [Електронний ресурс]. URL: [https://www.biorender.com/;](https://www.biorender.com/)
11. Molecular Workbench. *The Concord Consortium*. [Електронний ресурс]. URL: [https://mw.concord.org/;](https://mw.concord.org/)
12. Visible Body. *3D Human Anatomy, Physiology, & Pathology Education*. [Електронний ресурс]. URL: [https://www.visiblebody.com/;](https://www.visiblebody.com/)

13. Гейміфікація в освіті: що це таке і навіщо впроваджувати. *Освіторія*. [Електронний ресурс]. URL: <https://osvitoria.media/columns/gejmifikatsiya-v-osviti-shho-tse-take-i-navishho-vprovadzhuvaty/>;

14. STEM-освіта: що це таке і чому вона важлива. *Всеосвіта*. [Електронний ресурс]. URL: <https://vseosvita.ua/news/stem-osvita-shcho-tse-take-i-chomu-vona-vazhlyva-12624.html>;

15. AR/VR-технології в освіті: що це та як вони змінять навчання. *NAU.UA*. [Електронний ресурс]. URL: <https://nau.ua/news/ar-vr-tekhnologiyi-v-osviti-shcho-tse-ta-yak-vony-zminyay-navchannya/>;

16. Остапченко Л. І., Балан П. Г., Компанець Т. А., Рушковський С. Р. *Біологія і екологія (рівень стандарту)* : підручник для 10 класу закладів загальної середньої освіти. Київ : Генеза, 2018. 192 с.

17. «Фотографія 51». *Вікіпедія*. [Електронний ресурс]. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%8F_51

18. Секвенування ДНК. *Вікіпедія*. [Електронний ресурс]. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BA%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%94%D0%9D%D0%9A