Урок. Водневий зв'язок

урок засвоєння нових знань (комбінований) · 45 хв

Проблемне питання уроку: Чому найслабший із відомих учням зв'язок (у 10–30 разів слабший за ковалентний) виявився відповідальним і за те, що вода кипить за 100 °C, і за те, що існує подвійна спіраль ДНК, тобто за саме існування життя?

Мета

Знаннєві	Діяльнісні	Ціннісні
• учень/учениця записує визначення водневого зв'язку й енергію водневого зв'язку (10–30 кДж/моль) • називає атоми, з якими Гідроген утворює водневий зв'язок (Оксиген, Флуор, Нітроген) • називає групи в молекулі, за якими можна прогнозувати водневий зв'язок (–OH, $–NH_2$)	• зображує схему утворення водневого зв'язку між молекулами води, спирту й води • порівнює енергію водневого зв'язку з енергією ковалентного та пояснює вплив водневого зв'язку на температуру кипіння, розчинність, поверхневий натяг • прогнозує наявність водневого зв'язку за формулою речовини	• оцінює значення водневого зв'язку для існування життя та унікальних властивостей води • усвідомлює, що навіть слабкі взаємодії визначають важливі явища в природі

Базові поняття і терміни

водневий зв'язок, неподілена електронна пара, електронегативність, полярний ковалентний зв'язок, міжмолекулярна взаємодія, поверхневий натяг, теплоємність.

Форми роботи

- фронтальна
- робота в парах
- робота з текстом підручника
- віртуальний дослід (відео)

Обладнання та реактиви

- підручник (Григорович, § 7, с. 38–42)

- відео чи віртуальний демонстраційний фрагмент «Голка на поверхні води та мийний засіб»
- проєктор
- роздаткові картки із схемами для роботи в парах
- виставка: пляшка води, лід, флакон етилового спирту (антисептик), цукор, ацетон, мийний засіб

Демонстрації

- Голка на поверхні води і дія мийного засобу (віртуальний дослід або відео за завданням 108 підручника) — голка тримається на воді завдяки поверхневому натягу, зумовленому водневими зв'язками; після додавання прального порошку голка тоне, бо плівка руйнується
- Замерзла вода в закритій скляній пляшці (фото/розповіді учнів із власного досвіду) — під час замерзання вода розширюється і пляшка тріскається: у льоду молекули розташовані на більшій відстані, тож лід легший за воду

Міжпредметні зв'язки

- Біологія — вторинна структура білків, подвійна спіраль ДНК, реплікація нуклеїнових кислот утримуються водневими зв'язками
- Географія — аномально висока теплоємність води зумовлює м'якший клімат поблизу морів та океанів, ніж у центрі континентів
- Основи здоров'я — поверхневий натяг води, який зумовлюють водневі зв'язки, пояснює роботу мийних засобів під час прання

Місце уроку в темі

Попередній урок: Ковалентний зв'язок: полярний і неполярний, донорно-акцепторний механізм, електронегативність (§ 6)

Наступний урок: Металічний зв'язок: будова металів, «електронний газ» (§ 8)

Безпека

- Рідини з виставки (спиртовий антисептик, ацетон, мийний засіб) не відкривати і не пробувати на смак; антисептик тримати подалі від відкритого вогню
- Віртуальний дослід із голкою виконують лише на відео: самостійно колоти воду голкою в кабінеті заборонено
- Якщо вода або мийний засіб потрапили на очі, промити їх великою кількістю проточної води і повідомити вчителя

Структура уроку

1. Організаційний момент — 1 хв
2. Актуалізація опорних знань — 5 хв
3. Мотивація. Проблемне питання — 3 хв
4. Вивчення нового матеріалу — 21 хв
5. Закріплення — 9 хв
6. Рефлексія — 4 хв
7. Домашнє завдання — 2 хв

Ілюстрації до уроку

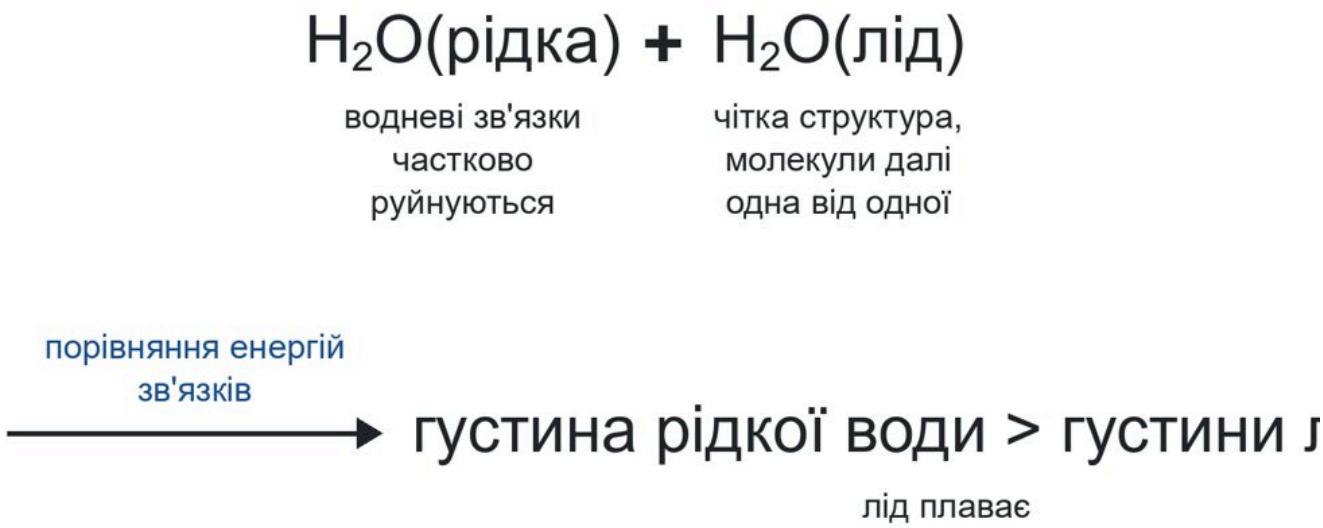


Схема 2. Порівняння енергій зв'язків (ковалентний 250–400 кДж/моль, водневий 10–30 кДж/моль) та наслідки наявності водневого зв'язку: висока температура кипіння, розчинність у воді, поверхневий натяг, лід легший за воду

Хід уроку

Організаційний момент 1 хв

Учитель: Вітається, перевіряє готовність класу, оголошує, що сьогодні учні відповіли б на питання про найслабший зв'язок у природі — і самі це зроблять наприкінці уроку.

Учні: Готують зошити, записують тему після оголошення.

Учитель: «На дошці тема уроку закрита, сьогодні ви самі її сформулюєте наприкінці. Працюємо з підручником, у парах і з відеодослідами».

Актуалізація опорних знань 5 хв

Учитель: Проводить мозковий штурм: читає 5 коротких запитань, учні пишуть відповідь одним рядком у зошиті, далі фронтальна перевірка з коментарем на кожне запитання.

Учні: Письмово одним рядком відповідають на кожне запитання у зошиті, потім озвучують відповіді й виправляють помилки.

1. Який зв'язок називають полярним ковалентним? (Ковалентний зв'язок між різними атомами, коли спільна електронна пара зміщена до більш електронегативного атома.) 2. Що таке електронегативність? (Здатність атома притягати до себе спільні електронні пари.) 3. Чому зв'язок O–H у молекулі води полярний? (Різниця електронегативностей Оксигену і Гідрогену велика: 3,44 − 2,20 = 1,24, електронна густина зміщена до Оксигену.) 4. Що таке неподілена електронна пара? (Пара електронів зовнішнього рівня, яка не бере участі в утворенні ковалентного зв'язку.) 5. Який механізм утворення зв'язку називають донорно-акцепторним? (Такий, коли один атом надає неподілену електронну пару, а другий — вільну орбіталь; на попередньому уроці розглядали на прикладі йона амонію.)

Мотивація. Проблемне питання 3 хв

Учитель: Показує виставку: пляшка води, шматочок льоду, антисептик на основі спирту, цукор, мийний засіб. Пропонує пригадати з 9 класу, що лід плаває, вода кипить за 100 °C, цукор і спирт добре розчиняються у воді. Ставить проблемне питання на дошці.

Учні: Розглядають об'єкти виставки, висловлюють припущення, чому «слабкий» зв'язок може бути таким важливим.

Учитель: «Подивіться: вода, лід, спирт, цукор, мийний засіб для посуду. Що їх об'єднує, ми з'ясуємо за 20 хвилин. А поки що ось питання, на яке урок має відповісти: чому найслабший із відомих вам зв'язків, у 10–30 разів слабший за ковалентний, виявився відповідальним і за те, що вода кипить за 100 °C, і за те, що існує подвійна спіраль ДНК, тобто за саме існування життя? Записуємо його на полях, наприкінці уроку кожен відповість на нього письмово».

Вивчення нового матеріалу 21 хв

Учитель: Проводить три активності. Активність 1 (6 хв): розповідь із підручником — механізм утворення водневого зв'язку на прикладі води; учні відкривають § 7 (с. 38–39), учитель показує Схему 1 і разом з класом «прочитує» схему: частковий заряд на Гідрогені, неподілені пари на Оксигені, зв'язок позначають крапками. Звертає увагу: характер частково електростатичний, частково донорно-акцепторний; кожна молекула води утворює 4 водневі зв'язки; зв'язок виникає переважно з Оксигеном, Флуором, Нітрогеном (великі електронегативність і малий розмір), а з більшими Хлором і Сульфуром він значно слабший. Прогноз за формулою: є –OH або $–NH_2$, отже водневий зв'язок імовірний. Активність 2 (7 хв): робота в парах — заповнення таблиці «Вплив водневого зв'язку на властивості речовин»; учитель роздає картки, керує, після роботи просить дві пари озвучити по одному рядку, демонструє фото тріснутої пляшки після замерзання і відеофрагмент «Голка на поверхні води» (за завданням 108 підручника) з питаннями для спостереження. Активність 3 (8 хв): розповідь про водневі зв'язки в живій природі й воду в природі; учні розглядають Схему 2, учитель пояснює порівняння енергій і роль зв'язку в білках, ДНК, кліматі.

Учні: Активність 1: читають § 7 с. 38–39, розглядають Схему 1, записують визначення й схему водневого зв'язку в зошит. Активність 2: у парах заповнюють таблицю (властивість, пояснення), дивляться відео і відповідають письмово на 3 питання для спостереження. Активність 3: розглядають Схему 2, конспектують приклади про білки, ДНК, клімат, поверхневий натяг.

Таблиця для пар: 1) Температура кипіння (речовини з водневим зв'язком мають набагато вищу температуру кипіння, ніж речовини з близькою молярною масою без нього, бо треба витратити енергію на руйнування додаткових зв'язків). 2) Розчинність у воді (спирт, цукор, ацетон, етанова

кислота добре розчиняються, бо утворюють водневі зв'язки з молекулами води). 3) Поверхневий натяг (міцні водневі зв'язки дають сильний поверхневий натяг, тому комахи ходять по воді). 4) Густина льоду (у льоду молекули розташовані впорядковано й на більшій відстані, тому лід легший за воду і вода під час замерзання розширюється). 5) Теплоємність (додаткове зв'язування молекул дає аномально високу теплоємність, що впливає на клімат). Питання до відео з голкою: 1) Чому голка не тоне на чистій воді? (Поверхня води вкрита плівкою завдяки поверхневому натягу, зумовленому водневими зв'язками, а вага голки мала.) 2) Що змінюється після додавання мийного засобу? (Мийний засіб руйнує поверхневу плівку, і голка тоне.) 3) Де в побуті ми користуємося цим явищем? (Під час прання: водна плівка перешкоджає видаленню бруду, а мийні засоби її руйнують.) Очікувані висновки Активності 3: водневий зв'язок стабілізує вторинну структуру білків і тримає дві нитки ДНК у подвійній спіралі; завдяки йому можливі реплікація нуклеїнових кислот і синтез білків у рибосомах; теплоємність води робить клімат біля морів м'якшим, ніж у центрі континентів; у саліциловій кислоті (з якої синтезують аспірин) водневий зв'язок утворюється всередині однієї молекули між гідроксильною і карбоксильною групами.

Закріплення 9 хв

Учитель: Організовує виконання 4 завдань: завдання 1–2 фронтально, завдання 3 у парах, завдання 4 самостійно в зошитах з подальшою перевіркою біля дошки.
Учні: Виконують завдання з розділу нижче, самоперевіряються за відповідями.

Рефлексія 4 хв

Учитель: Проводить прийом «Поверніться до питання»: просить кожного письмово в зошиті відповісти одним-двома реченнями на проблемне питання уроку, потім вислуховує 3–4 відповіді і просить усно продовжити фрази «Мене здивувало…», «Тепер я можу пояснити…».
Учні: Письмово відповідають на проблемне питання, озвучують відповіді, усно продовжують фрази рефлексії.

Домашнє завдання 2 хв

Учитель: Коментує базове і за вибором, наголошує, що завдання за вибором потребує досліду вдома з дозволу дорослих.
Учні: Записують домашнє завдання, ставлять уточнювальні запитання.

Завдання для закріплення

1. Упізнайте речовини, між молекулами яких утворюється водневий зв'язок: H_2O, CH_4, C_2H_5OH, NH_3, CO_2, CH_3COOH. Поясніть свій вибір.

Відповідь: Водневий зв'язок: H_2O, C_2H_5OH, NH_3, CH_3COOH. У H_2O, C_2H_5OH і CH_3COOH є група –OH, тобто атом Гідрогену, сполучений з дуже електронегативним і малим атомом Оксигену, який ще й має неподілені електронні пари. У NH_3 групи $–NH_2$ немає, але кожен атом Гідрогену сполучений з Нітрогеном, а в атома Нітрогена є неподілена електронна пара, тому амоніак теж утворює водневі зв'язки. CH_4 і CO_2 таких можливостей не мають.

2. Запишіть схему утворення водневого зв'язку між молекулами води та амоніаку. Поясніть, чому зв'язок позначають крапками, а не рискою.

Відповідь: $H_2O\cdots NH_3$: водневий зв'язок між атомом Гідрогену молекули води та неподіленою електронною парою атома Нітрогену (або між атомом Гідрогену молекули амоніаку та неподіленою парою атома

Оксигену). Крапками позначають, бо це не повноцінний ковалентний зв'язок, а слабша міжмолекулярна взаємодія з енергією 10–30 кДж/моль проти 250–400 кДж/моль у ковалентного.

3. Порівняйте температури кипіння етану (M = 30 г/моль) і етанолу (M = 46 г/моль). Чому різниця набагато більша, ніж можна було б очікувати за різницею молярних мас?
Відповідь: Етан кипить приблизно за −88,6 °C, етанол за +78,4 °C. Молярні маси близькі, тому за відсутності водневих зв'язків різниця була б невеликою. Але між молекулами етанолу існують водневі зв'язки завдяки групі –OH, і для переведення його в пару треба витратити додаткову енергію на їх руйнування.

4. Складіть схему утворення водневого зв'язку між молекулами етанолу та етанової кислоти і поясніть, чому обидві речовини необмежено розчинні у воді.
Відповідь: $C_2H_5OH\cdots CH_3COOH$: атом Гідрогену гідроксильної групи притягується до неподіленої електронної пари атома Оксигену іншої молекули. Обидві речовини містять групу –OH, тому утворюють водневі зв'язки не лише між власними молекулами, а й з молекулами води, що й пояснює їх велику розчинність у воді.

Диференціація

Сильним: Додаткове завдання: оцініть можливість утворення водневих зв'язків між молекулами спирту й естеру та між молекулами альдегіду і карбонової кислоти (за типом завдання 105 підручника). Відповідь: у спирту є –OH з атомом Гідрогену, в естеру лише атоми Оксигену з неподіленими парами, тому зв'язок між ними можливий як «донор + акцептор»; те саме стосується альдегіду (акцептор, атом Оксигену) і карбонової кислоти (донор).

Підтримка: Опора-картка зі зразком на речовині, не розглянутій у закріпленні: «Зразок. Гліцерол $C_3H_5(OH)_3$: у молекулі є кілька груп –OH, атом Гідрогену сполучений з Оксигеном (дуже електронегативним і малим), на Оксигені є неподілені пари, отже, водневий зв'язок утворюється. Алгоритм: 1) знайди в формулі групу –OH або $–NH_2$; 2) якщо є, водневий зв'язок імовірний; 3) запиши схему A–H···B».

Домашнє завдання

Базове: Опрацювати § 7 (с. 38–42) підручника Григоровича; виконати завдання 98, 100, 102 (письмово).

За вибором: За вибором: вдома (з дозволу дорослих) виконати дослід за завданням 108 підручника: покласти голку на фільтрувальному папері на поверхню води в склянці, а потім повторити дослід у воді з розчиненим пральним порошком, і описати пояснення спостереженого через водневі зв'язки й поверхневий натяг; або підготувати міні-проєкт «Роль водневого зв'язку в живій природі» за додатковими джерелами.

Рефлексія

Прийом «Поверніться до питання». Письмово, 2 хвилини, кожен у зошиті відповідає одним-двома реченнями на проблемне питання: «Чому найслабший зв'язок виявився відповідальним за існування життя?». Очікувана відповідь: водневий зв'язок слабкий

окремо, але їх багато, тому разом вони суттєво впливають на властивості води (кипіння, густина льоду, теплоємність, поверхневий натяг) і утримують структуру білків і ДНК, без яких життя неможливе. Далі 2 хвилини усно: двоє-троє учнів зачитують відповіді, клас продовжує фрази «Мене здивувало…», «Тепер я можу пояснити…».

Джерела:

- Хімія (Григорович) 11 клас, с. 37, 38
- Хімія (Григорович) 11 клас, с. 38, 39
- Хімія (Григорович) 11 клас, с. 39
- Хімія (Григорович) 11 клас, с. 39, 40
- Хімія (Григорович) 11 клас, с. 40, 41
- Хімія (Григорович) 11 клас, с. 41, 42
- Хімія (Григорович) 11 клас, с. 42, 43
- Хімія (Григорович) 11 клас, с. 43, 44
- Хімія (Григорович) 11 клас, с. 44
- Хімія (Григорович) 11 клас, с. 44, 45