

Д. І. ТРАЙТАК,

асистент

## **СУСПІЛЬНО-ВИРОБНИЧА ПРАЦЯ УЧНІВ СІЛЬСЬКОЇ ШКОЛИ ТА ЇЇ НАВЧАЛЬНЕ ТА ВИХОВНЕ ЗНАЧЕННЯ**

**(Вивчення досвіду Глеєватської школи, Криворізького сільського району, Дніпропетровської області)**

Для успішного здійснення політехнічного навчання вчителі біології повинні привчати учнів до праці в сільськогосподарському виробництві. Це можна виконати при тісному поєднанні навчання з виробничою працею, якщо така праця буде підпорядкована навчально-виховним цілям школи.

Досвід кращих шкіл нашого району дає багато прикладів успішного здійснення важливого завдання — поєднання навчання з продуктивною працею на шкільній дослідній ділянці, майстерні школи чи колгоспу, на тваринницькій фермі чи в колгоспному полі.

Добре налагоджена справа у виконанні вищепоставленого завдання в Глеєватській семирічній школі, Криворізького сільського району (директор Бельченко М. О., вчитель біології Ертман М. Є.).

Глеєватська школа знаходиться у вигідному з виробничого боку оточені і це сприяє проводити продуктивну виробничу працю школярів. Вона розташована в центрі передового в районі колгоспу «Победа», який має багатогалузеве господарство і давно є колгоспом-мільйонером. А передове соціалістичне підприємство є найціннішою базою, що відкриває величну перспективу у вирішенні однієї з основних проблем марксистсько-ленінської педагогіки — проблеми поєднання навчання з виробничою працею. Крім цього, біля школи розташована зразкова шкільна навчально-дослідна ділянка площею 1 га, добре обладнана майстерня, де учні набувають умінь і навичок користування ручними інструментами, що є необхідною умовою для успішного здійснення навчально-виробничої праці учнів у сільському господарстві.

Роботу на навчально-дослідній ділянці проводять усі учні.

Сама ж ділянка добре спланована і відповідає вимогам шкільної програми.

Ділянка має відділи: плодовий сад, ягідник і виноградник, квітник, плодову шкільку і розсадник, колекційні ділянки та овочеву і польову сівозміни (рис. 1).

Плановість роботи та послідовність видів робіт дає можливість учителю біології Ертману правильно вирішити поєднання навчання з продуктивною працею в сільськогосподарському виробництві. На доказ цього звернемося до практики залучення учнів до підготовки вирощування гібридної кукурузи-



Рис. 1. Загальний вигляд шкільної навчально-дослідної ділянки.

дзи. Тов. Ертман при проходженні теми «Насіння, сівба» дає всім учням завдання посадити кукурудзу в горщики на різну глибину, створивши при цьому однакові умови для горщиків (тепло, поливання, ґрунтову суміш). Учні повинні записати в щоденники, який час пройшов від посіву до сходів, які появились сходи та простежити самим, чи вплинула глибина заготання насіння кукурудзи на швидкість і якість сходів.

З початку навчального року, після закінчення робіт на ділянці і організації виставки, дається завдання на майбутній рік. Одноразово з цим учні закріплюються за окремими ділянками. Учень чи ланка знайомляться з полем, де буде висіватись кукурудза, і завчасно готують його до весни. Взимку вчитель проводить бесіди для юних кукурудзководів про те, які треба добрива заготувати і вивезти на поле, яке відібрати насіння для посіву з початків.

З цією метою проводиться також екскурсія до зерносховища колгоспу, де учні знайомляться, як колгосп зберігає почат-

ки для посіву та як проводиться калібрування насіння. На цій же екскурсії вчитель знайомить учнів з зерноочисними машинами і проводить прості практичні роботи (по домовленості з бригадиром) по очищенню посівного матеріалу на трієрі.

Для більш свідомої роботи в майбутньому, а також, щоб зацікавити учнів цією роботою, т. Ертман рекомендує для учнів книжки з серії науково-популярної літератури (Остроумова «Рассказ о кукурузе», Уліна «Зеленый богатырь»). В зимовий час учні збирають органічні добрива та попіл, вивозять його на шкільну ділянку і на піонерські гектари на колгоспному полі. Так, наприклад, в 1955 р. було зібрано і вивезено 129 т органічних добрив на колгоспне поле.

Протягом 1955 р. учні провели снігозатримання на площі 220 га, очистили 150 га посівної площі, посадили у колгоспному парку 315 дерев і кущів, виготовили 7800 земляно-перепнійних горщечків, прорвали 106 га кукурудзи. 92 учні (5—6 класів) працювали на роздільному збиранні кукурудзи (збрали врожай з площі 19 га).

З наведених цифрових даних видно, що учнями була проведена велика робота безпосередньо в колгоспному виробництві. Учні не просто виконували роботу, вони закріплювали теоретичні знання, набуті в класі, а також практичні вміння, набуті при виконанні робіт на шкільній навчально-дослідній ділянці.

В якій же формі проводилось поєднання виробничої праці в сільському господарстві з успішним виконанням шкільної програми? Це важливе питання ми висвітливо на окремих прикладах.

На протязі декількох років учні Глеєватської школи вирощують кукурудзу на піонерських гектарах. Усі види роботи учитель біології т. Ертман пов'язує з шкільною програмою. Наприклад, при проходженні теми «Живлення рослин з ґрунту» учні довідуються про поживні речовини (органічні і мінеральні), що їх всмоктують разом з водою кореневі волоски. Учитель підкреслює, що чим більше буде в ґрунті поживних речовин, тим вищий врожай одержимо тієї рослини, яку будуть вирощувати на цій ділянці. Коли на піонерських гектарах ми повинні виростити високий врожай кукурудзи, то слід забезпечити необхідні для цього умови (в ґрунт внести відповідну кількість органічних та мінеральних добрив). Далі учням пропонується збір і вивезення на поле гною і попелу.

Яку роботу виконували учні при вирощуванні кукурудзи на піонерських гектарах?

Обробіток ґрунту проводився машинами. Учні лише були на екскурсії, коли проводилась оранка поля під кукурудзу на зиму. Вони виміряли глибину оранки, визначали механічний склад ґрунту. Весною допомагали у затриманні талої води, а також

у своєчасному боронуванні для збереження вологи у ґрунті (частково в позаурочний час). Під час посіву кукурудзи були на екскурсії, де познайомилися з квадратно-гніздовою сівалкою і квадратно-гніздовим посівом. Учитель шляхом бесіди повторив з учнями на полі, які ще відомі учням способи посіву, крім квадратно-гніздового. Учні дали відповідь на запитання, чому пшеницю сіють не квадратно-гніздовим, а рядовим чи перехресним способом. Далі учні виміряли ширину міжрядь (їх вражає надзвичайно точне відбиття квадратів) і визначили глибину загортання та кількість насіння в гнізді. Одноразово з посівом у полі учні висіяли зерна кукурудзи і в земляні горщечки, щоб в майбутньому (якщо з якихось причин не зійде зерно в гнізді або загинуть рослини від механічного пошкодження) зробити підсадження рослин, вирощених в горщечках.

Від появи сходів і до збирання врожаю учні проводять догляд і ведуть спостереження.

Як же планується виробнича праця учнів на колгоспному полі та як вона пов'язується з поглибленим вивченням ботаніки?

Роботу в полі розпочинають о 8-й год. ранку і закінчують о 10-й год. (для учнів, що навчаються в 2-у зміну) та з 17-ти год. до 19-ти год. — для учнів, що навчаються в 1-у зміну (один раз на тиждень) з таким дозуванням часу:

а) шлях до місця праці	— 15 хв.
б) бесіда вчителя та вивчення мети праці на піонерських гектарах	— 15 „
в) праця учнів	— 30 „
г) відпочинок (перерва)	— 15 „
д) праця після перерви	— 20 „
е) прийняття роботи та підведення підсумків	— 10 „
є) шлях до школи	— 15 „

---

Всього 2 години.

В канікули робота проводиться на протязі 4-х год. (з 8-ми год. ранку до 12-ти год. дня). В жаркі дні, по домовленості, працювали зранку 2 год. (з 8-ми до 10-ти год. ранку) і ввечері (з 18-ти год. до 20-ти год.).

Учитель біології т. Ертман завчасно продумує зміст роботи з таким розрахунком, щоб система проведених заходів викликала інтерес учнів до виробничої праці, інтерес до вивчення життя рослин. Для прикладу ми приводимо методичну розробку уроку на кукурудзяному полі.

Тема уроку: «Створення необхідних умов для нормального росту і розвитку рослин кукурудзи. Розпушування ґрунту, проривання».



Мета. Домогтися повного розуміння учнями, які саме умови необхідні для нормального росту і розвитку рослин та виробити практичні вміння і навички по догляду за культурними рослинами.

#### Обладнання уроку:

- |                    |      |  |
|--------------------|------|--|
| 1. Сапи            | — 26 | штук   |
| 3. Гербарні папки  | — 26 | „  |
| 3. Зошити і олівці | — 26 | „ (для кожного учня,<br>по кількості учнів у класі). |

Хід роботи. Перевіривши наявність учнів, учитель запитує, як почувають вони себе (можливо, хто хворий). Далі вказує на зміст і завдання роботи. У вступному слові вчитель вказує на важливість серйозного ставлення до роботи, бо недоброякісна робота на полі може привести до зниження врожаю. Потім пропонується учням взяти сапи і йти до місця роботи.

На кукурудзяному полі вчитель ставить учнів в ряд, так, щоб було видно і чути всім його інструктивні пояснення. В цьому поясненні вчитель зазначає, що міжряддя добре оброблені механічним способом, але навколо гнізда залишились невеликі ділянки необробленої землі. Робота й буде полягати в тому, щоб обробити ці діляночки (розпушити ґрунт і знищити бур'яни), а також залишити в гнізді не більше двох рослинки. Решту рослинки видалити з гнізда (прорвати).

Після цього вчитель ставить запитання до учнів:

Для чого ми будемо проводити розпушування ґрунту? Для чого треба знищувати бур'яни? З якою метою ми робимо проривання рослин? Які рослини треба видалити з гнізда? та ін.

На перше запитання учень дає відповідь: «Коли ми проводимо розпушування ґрунту, то доступ повітря до кореня буде кращий, коріння будуть добре розвиватися, а добре розвинене коріння забезпечує потребу рослини у воді і розчинених в ній мінеральних солях». На запитання «Хто доповнить відповідь?» другий учень говорить, що, розпушуючи ґрунт, ми руйнуємо корку, яка утворилася після дощу, цим зменшуємо швидкість випаровування вологи.

На друге запитання учениця відповідає, що бур'яни висмоктують поживні речовини з ґрунту і їх менше залишається для кукурудзи. Учитель доповнює: «Проривання слід проводити для того, щоб збільшити площу живлення, а коли це буде зроблено, то залишені проріджені рослини будуть краще рости, ніж при загущеному посіві. Ось, дивіться — в цьому гнізді є 5 рослинки; якщо ми залишимо всі ці 5 рослинки, то вони будуть кволі, а від таких рослинки не слід чекати врожаю. Коли ж ми залишимо в гнізді 2 рослини, то для них вистачить і вологи, і мінеральних солей. Вони матимуть добре розвинену кореневу

систему, а також стебло і в майбутньому дадуть великий урожай. Бур'яни, що трапляються, слід добре висипати, бо більшість з них розмножуються вегетативно і насінням. Коли ми погано висипаємо їх, то вони дадуть велику кількість кореневих пагонів, будуть пригнічувати культурні рослини, що приводить до зниження врожаю. Які вам відомі найбільш поширені бур'яни, що розмножуються і вегетативно і насінням?», запитує вчитель. Учениця відповідає, що берізка польова і осот добре розмножуються кореневими паростками і насінням. Друга учениця до-



Рис. 2. Робота учнів на піонерських гектарах. Прополка.

повнює, що пирій також розмножується кореневищем і насінням. Учитель доповнює, що «на нашому полі дуже багато зустрічається мишію, насіння якого стільки висівається в ґрунт, що після невеликого дощу все поле вкривається ним, якщо вчасно його не висипати. В ході роботи, треба кожному взяти по 2 екземпляри рослин-бур'янів і закласти в гербарну лапку, записавши число, коли взята рослина і на якому полі. Збір бур'янів буде проводитися і в наступні дні роботи, аж до збирання врожаю. Це дасть можливість скласти гербарій найбільш поширених бур'янів на полі кукурудзи, а також виявити час найбільшого розвитку бур'янів, що в певній мірі допоможе вести боротьбу з бур'янами у майбутньому».

Після цього учні стають до рядків і починають працювати. Учитель слідкує за виконанням роботи та поправляє, якщо

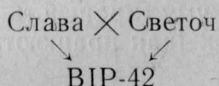
хтось з учнів недоброякісно виконує її. Працюють учні 30 хв. Біля лісозахисної смуги роблять відпочинок — 15 хв. В час відпочинку вчитель розповідає про історію кукурудзи та про її народногосподарське значення. Підкреслює роль рішень ЦК КПРС про поширення посівів кукурудзи. В доповнення до розповіді зачитує статтю «З літопису кукурудзи» (Остроумов, «Рассказ о кукурузе»). Після перерви учні знову приступають до роботи і працюють 20 хв. А після закінчення роботи вчитель відзначає учнів, які добре працювали, робить підсумки і разом з ними повертається до школи.

В такому плані проводились і інші види робіт по вирощуванню кукурудзи на піонерських гектарах.

Проведення робіт учнями на піонерських гектарах на високому агротехнічному рівні дало свої наслідки.

На піонерських гектарах в 1955 р. зібрано по 38 ц з га, в той час як колгосп зібрав в середньому по 32 ц з га.

Така робота добре готує учнів до вирощування гібридної кукурудзи, яку проводять шестикласники. Задовго до весни учитель біології знайомить учнів з методикою одержання гібридної кукурудзи. Учням з'ясовано, що материнською рослиною буде простий міжлінійний гібрид «Слава» (самозапильні лінії 44 × 38), а батьківською — простий міжлінійний гібрид «Светоч» (самозапильні лінії 40 × 43):



Шестикласники познайомились з посівом. Для того щоб більше зібрати гібридної кукурудзи, посів провели квадратно-гніздовим способом в такому порядку — два рядки материнської рослини і один рядок батьківської. Щоб видніше були рядки батьківської рослини, додавали до зерна кукурудзи насіння соняшника (як маячну культуру).

Вирощування гібридної кукурудзи зв'язувалося з поглибленим вивченням життя цієї високоврожайної культури. Перед початком роботи вчитель ставить завжди ряд запитань, на які учні повинні дати відповідь, а коли такої відповіді не буває, то сам на конкретних прикладах пояснює. Наприклад: Чому коли проводять сапання вдруге, то злегка підгортають рослини? Якщо ми в кукурудзи і соняшника зріжемо верхки, як це вплине на ріст? Ці запитання спрямовують учнів на розуміння вставочного (інтеркалярного) росту кукурудзи і інших злакових рослин. Чому в гніздах материнської рослини залишаємо не більше двох рослин, а в гніздах батьківської — в 2 рази більше? Ці і інші питання дають можливість в польових умовах при виконанні роботи поглибити знання з ботаніки, набуті в процесі навчання в класі.

В короткій статті нема можливості зупинитись на інших видах суспільно-виробничої праці учнів на дослідній ділянці та на колгоспному полі. Це питання буде висвітлено автором більш детально в інших статтях або монографії.

Підводячи підсумки, можна сказати, що систематична робота на шкільних навчально-дослідних ділянках, в майстерні та на полях колгоспу дала можливість колективу вчителів Глеєватської школи виховати в учнів благородні патріотичні почуття любові і гордості за свій рідний колгосп-мільйонер. У великих досягненнях колгоспу та колгоспників вкладена і їх скромна праця. Така робота не тільки викликала інтерес до поглибленого вивчення життя рослин, а й виховала любов до села, до сільськогосподарського виробництва. Прикладом цього може бути той факт, що вихованці школи працюють на постійних роботах рідного колгоспу. Наприклад, Шевченко Ганна — доярка, в 1955 р. надоїла понад 3000 л молока від кожної закріпленої за нею корови, Чумаченко Ніна — доярка, Фатько Ніна — доярка, Щупля Ніна — доярка, які надоїли понад 2000 л молока від кожної фуражної корови. Фуголь Катерина, Зубенко Ніна, Косяк Явдоха працюють ланковими в колгоспі. Ганзіна Катерина, Барліт Раїса, Кушнір Катерина, Заєць Зіна, Байдаченко Валентина, Фуголь Яків і інші закінчили сільськогосподарський технікум і працюють агрономами в колгоспах. Сінько Олександр, Красовський Геннадій, Лазоренко і інші після закінчення технікуму працюють механізаторами МТС, Підвалюк Іван, Гребенюк Іван працюють трактористами в колгоспі.

За досягнуті успіхи в роботі учнів на навчально-дослідній ділянці та на полях колгоспу кращі учні-юннати школи були учасниками ВСГВ 1955 р. і 1956 р.

Це тільки початок, а скільки трудівників колгоспного села виховує і виховає у майбутньому школа. Тут, за партами, учні школи оволодівають майстерністю вирощування високих врожаїв і під керівництвом педагогічного колективу школи успішно справляються з тими великими завданнями, що поставив у своїх рішеннях XX з'їзд Комуністичної партії Радянського Союзу перед працівниками освіти.



В. М. ЙОФФЕ.

## УРОК НА ТЕМУ «УДАР» У 8 КЛАСІ З ВИКОРИСТАННЯМ МІСЦЕВОГО МАТЕРІАЛУ

Одним з найважливіших і найбільш актуальних завдань, які стоять перед радянською середньою школою, є політехнічне навчання і підготовка учнів до практичної діяльності. Політехнічне навчання — це важлива ланка в справі комуністичного виховання молоді. Одним із засобів розширення політехнічного кругозору учнів у процесі викладання фізики є використання матеріалів місцевого виробничо-технічного оточення, в якому знаходиться школа.

У Кривому Розі, місті, все населення якого так або інакше має справу з рудою, велика кількість молоді після закінчення школи йде на рудники — або безпосередньо через ремісничі училища, або через гірничий технікум і гірничорудний інститут. Тому ілюстративний виробничий матеріал у процесі викладання фізики в школі треба добирати, на нашу думку, з розділу «Гірничодобувна промисловість».

Ознайомлення учнів з місцевим виробництвом допоможе їм у майбутньому вивчити ту або іншу машину, вибрати ту або іншу спеціальність. Це надзвичайно важливо в зв'язку з тим, що значний процент учнів, що закінчили середню школу, — це майбутні новатори виробництва. Ознайомлення учнів на заняттях з фізики з місцевим виробництвом (зокрема рудниковою технікою) допоможе їм краще побачити, відчути ту кількість праці, техніки, дотепної вигадки, терпіння і настирливості, народного генію, які вкладені в нашу індустрію і науку.

Введення у викладання фізики матеріалів місцевого виробництва — рудникової техніки — дозволить вчителю фізики глибше і краще показати досягнення соціалістичного будівництва і сприятиме забезпеченню політехнічного навчання і виховання учнів у дусі радянського патріотизму.

Не слід думати, що введення у викладання фізики прикладів рудникової техніки знизить або звузить загальноосвітній рівень викладання і що часте вживання прикладів з однієї га-



лузі техніки надокучить учням і стане їм нецікавим. Використання у викладанні фізики прикладів рудникової техніки не виключає можливості і необхідності введення прикладів з інших галузей науки, а вживання, в межах розумного, матеріалу, відомого учням з їхнього оточення, примушує їх уважніше придивлятися до цього оточення, розвиває їх спостережливість і інтерес до нього. Не слід також лякатись того, що політехнічна підготовка учнів набере виробничого напрямку і що всі вони, після закінчення школи, стануть гірниками. Загальноосвітня десятирічна школа, звичайно, не може дати професії всім учням (це справа професійних шкіл, технікумів), але коли дехто з учнів після закінчення школи піде працювати в рудник, шахту або кар'єр, то цю ініціативу їх слід розвивати і підтримувати.

Введення у викладання фізики прикладів рудникової техніки дасть можливість виконати вказівки XX з'їзду КПРС про необхідність перебудови змісту навчання в середній школі у бік більшої виробничої спеціалізації.

Нижче дається методична розробка уроку на тему «Удар», в якій використані приклади рудникової техніки.

Методика, що пропонується, є наслідком педагогічного експерименту, проведеного нами у зв'язку з цим дослідженням у деяких школах міста Кривого Рога (СШ № 25 та СШРМ № 31).

Необхідно відмітити, що тема «Удар» у програму курсу фізики введена вперше в 1954/55 навчальному році і в жодному з основних методичних посібників,<sup>1</sup> питання про методику її викладання не розглядається, оскільки ці посібники видані раніше.



Урок провадиться евристичним методом. Бесіда починається з того, що вчитель задає питання, що відбудеться, наприклад, з кулею, яка котиться, коли на її шляху поставити якусь перешкоду — стінку, другу кулю та ін. При цьому вчитель котить кулю по столу, на якому стоїть легкий візок.

Учні, спостерігаючи дослід, роблять вірний висновок про те, що куля ударяється об нерухомий візок, внаслідок чого вона змінює напрям і швидкість свого руху, а нерухомий візок набуває деяку швидкість і починає рухатись.

Цей дослід є відправним моментом на уроці.

Учитель пояснює приблизно так: «В показаному досліді візок прийшов у рух під дією удару кулі. Явище удару знаходить широке і надзвичайно різноманітне застосування в техніці. Вивчення удару і його технічних застосувань буде темою

<sup>1</sup> Див. Соколов І. І., Методика викладання фізики в середній школі, Учпедгиз, М., 1951; Знаменський П. А., Методика викладання фізики в середній школі. Учпедгиз, М., 1954.

даного заняття. Отже, тема нашого уроку «Удар і його застосування». Потім зазначається мета уроку — вивчити, в чому полягає явище удару, які зміни відбуваються в русі тіл при ударі і як використовується явище удару в техніці. Після цього переходять до визначення удару.

В стабільному підручнику з фізики явище удару не визначається, а дається лише його опис. «При зустрічі рухомого тіла з іншим тілом між ними відбувається короточасна взаємодія, яка називається ударом»<sup>1</sup>.

Дослід показав, що учні легко засвоюють таке визначення: «Ударом називається раптова зміна стану руху тіла, яка відбувається при стиканні його з другим тілом». У всякому разі більша кількість учнів, яку було опитано на такому уроці, дала вірну відповідь.

Встановивши визначення удару, показують описаний у підручнику дослід по забиванню гвіздка падаючою гирею і втискання його в дошку при допомозі важеля. Вмістивши між важелем і гвіздом динамометр, показують, що прикладена сила значно більша ваги падаючої гирі.

Далі вчитель розповідає, що фізична природа удару полягає в тому, що накопичена в рухомому тілі кінетична енергія витрачається на дуже незначному шляху. При цьому виконується робота по подоланню опору. На підставі формули  $E_k = A = FS$  показують, що на малих ділянках шляху діють великі сили.

Звертають увагу на час тривалості удару, а також на те, що під час удару відбувається перерозподіл швидкостей тіл і тому перерозподіл їх кінетичних енергій.

Ця частина пояснення може йти за планом, наміченим підручником.

Потім переходять до розгляду практичних застосувань удару і розкриття в явищі удару одного з принципів марксистської діалектики — єдності протилежностей. Крім наведених у підручнику прикладів (кування, штампування, волочіння), розглядаються приклади застосування удару в рудниковій техніці.

Ця частина уроку може бути проведена таким чином. «Явище удару має подвійне значення, — говорить учитель, — в одних випадках воно шкідливе, тоді намагаються його уникати, а в інших — воно корисне, тоді його використовують. (Проводиться аналогія з явищем тертя).

Розглянемо кожний з проявів удару. Шкідлива дія удару проявляється в його руйнуючій дії в машинах. Для зменшення шкідливої дії удару в машинах застосовують різного роду м'які прокладки, м'яку упаковку, ресори, буфери та ін. Їх дія полягає в видовженні шляху, на якому витрачається кінетична енергія. Внаслідок збільшення шляху сила удару зменшується.

<sup>1</sup> Пьоришкін А. В., Краукліс В. В., Курс фізики, ч. 1, 1955, стор. 149.

Разом з цим руйнуюча дія удару широко використовується в техніці в цілому ряді виробничих процесів — в ковальській справі, гірничих роботах, військовій техніці. В ковальській справі удар використовується для деформації тіл, які знаходяться під дією удару, — при куванні, штампуванні металу, при роздрібненні тіла. В цих випадках маса ударяючого тіла — молота — повинна бути значно менша маси нерухомого тіла — ковадла».

Треба сказати учням, що сучасне ковальське виробництво переходить від застосування молотів до пресування за допомогою потужних пресів. Таким чином відбувається заміна коротких, різких ударів, які приводять до деформації металу при його обробці, поступовим його стисканням під пресом. Цим досягається рівномірна проковка виробів і це захищає будинки від руйнуючої дії удару.

Слід звернути увагу учнів на те, що зараз техніка одержує необхідні для цієї мети великі тиски (до 500 кг/см).

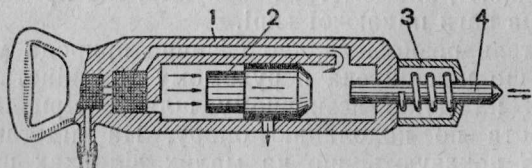


Рис. 1.

Використання удару для деформації тіл — це один з видів робіт, які застосовують на практиці. Роботи другого виду полягають в переміщенні тіл внаслідок удару — забиванні палей у землю, забиванні гвіздків, клинів і т. п. В цих випадках маса ударяючого тіла — молота — повинна бути значно більше маси тіла, по якому ударяють — головки гвіздка.

Далі вчитель переходить до прикладів рудникової техніки.

Ця частина уроку може бути такого змісту.

Явище удару використовується в гірничих роботах при добуванні руди. На явищі удару ґрунтується ударно-пневматичне буріння, яке має надзвичайно широке застосування в гірничій промисловості Радянського Союзу і особливо на Криворіжжі. Здійснюється воно за допомогою перфораторів.

Сучасний перфоратор, що діє стиснутим повітрям, — це складна машина (рис. 1). Головними частинами перфоратора є циліндр 1 — корпус перфоратора і поршень 2, що знаходиться всередині циліндра. Під дією стиснутого повітря поршень виконує зворотно-поступальні рухи. При русі вперед поршень своїм штоком наносить удар по буру, що закріплений в передній частині перфоратора за допомогою буротримача 3. Роблячи після удару рух назад, поршень повертає бур. Переміщення поршня в циліндрі досягається попереми́нним надхо-

дженням стиснутого повітря в передню і задню порожнини циліндра.

При роботі перфоратора по хвостовій частині бура наносяться удари, внаслідок яких головка бури занурюється в породу і руйнує її, поступово вибурюючи свердловину (шпур).



Рис. 2.

Розповідь ілюструється показом рисунків і схем (рис. 2). Явище удару використовується при застосуванні на рудниках механічних штовхачів.

Механічні штовхачі призначені для вкочування (або як прийнято в гірничій термінології «накочування») вагонеток у

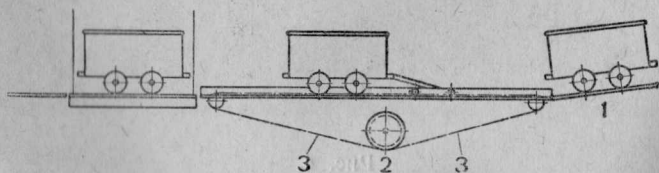


Рис. 3.

шахтну кліть або викочування їх з неї як на поверхні, так і під землею.

Механічні штовхачі складаються з робочого штовхаючого візка 1 і приводного механізму 2, що зв'язані між собою тяговими органами (рис. 3 та 4). Штовхаючий візок має за-



хватний, в більшості відкидний упор, і встановлюється перед шахтними клітьми. Під дією приводного механізму візок штовхача одержує поступальний рух вперед. При цьому візок захоплює і заштовхує в кліть вагонетки, які необхідно навантажити. Одночасно вагонетки, що вштовхнуто в кліть, ударяють об

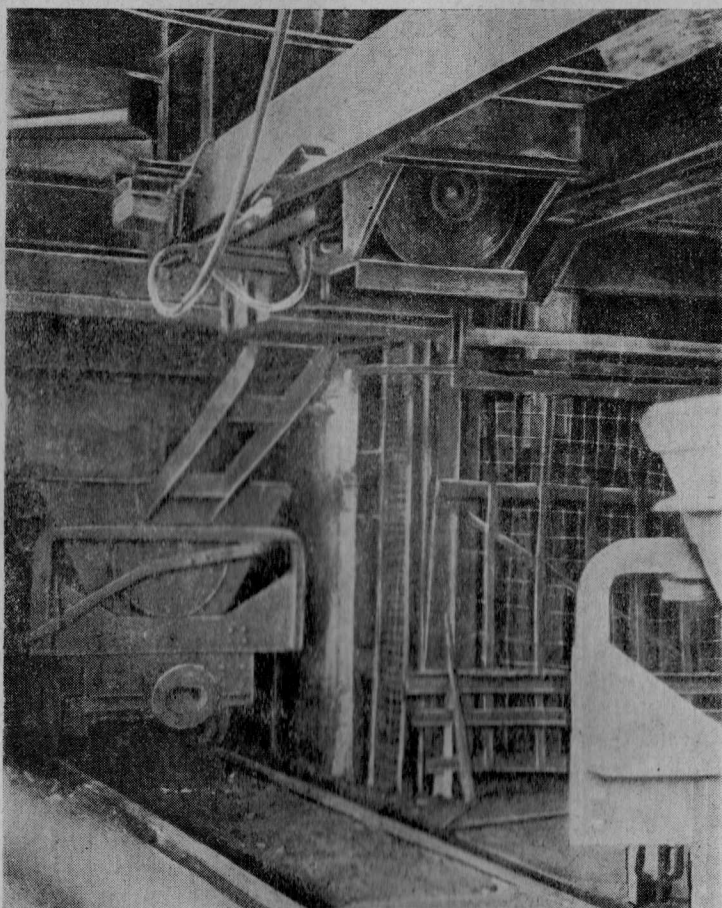


Рис. 4.

вагонетки, які підлягають розвантаженню, і виштовхують їх з кліті. Після цього відбувається холостий хід робочого візка для повернення його у вихідне положення і автоматичне підключення на робочу позицію вагонеток наступної черги для навантаження дальшого поверху кліті або для дальшого навантаження кліті, що знову прийшла.



Таким чином здійснюється механічна заміна вагонеток в шахтних кліях з наскрізним рухом через кліті.

За видом рухаючої сили штовхачі можна поділити на пневматичні і електричні. Штовхачі замінили важку ручну працю — «накочування» вагонеток як під землею, так і на поверхні. Механізація такої важкої операції як обмін вагонеток у кліях уже дала можливість на Криворізьких рудниках звільнити значну кількість накатників для інших робіт.

На явищі удару ґрунтується застосування ще одного механізму — бутобоя.

Бутобій — механізм, призначений для розбивання «бутів», великих негабаритних глиб руди, які одержуються при вибухових роботах. Розбивання таких бутів ручним способом — надзвичайно важка робота, підривання їх накладними патронами або з попереднім розбурінням часто приводить до руйнування люків і грохотів і тому до затримки виймання та навантаження руди.

Бутобій — це важкий сталевий шток вагою до 0,5 т, який приводиться в рух силою стиснутого повітря. Бутобій укріплюють на спеціальній рельсовій балці над отвором люка, і бути руйнуються внаслідок удару падаючого штока. Бутобію в Кривбасі зараз вдосконалюють, має відбутись їх масове впровадження у виробництво. Високочастотні перфоратори, механічні штовхачі, бутобої — це новітні досягнення техніки, які застосовуються на рудниках Кривбасу, це техніка шостої п'ятирічки. Їх застосування спрямоване на полегшення праці радянських людей і на збільшення продуктивності їх праці (останній висновок роблять самі учні). Крім того, в кінці уроку може бути розв'язана задача такого типу:

**Задача.** Визначити, скільки ударів за хвилину робить перфоратор, виготовлений на Криворізькому заводі гірничого обладнання «Комуніст», якщо його потужність дорівнює 2,44 к.с., а робота одного удару — 5,88 кГм.

Позначимо шукану кількість ударів через  $n$ .

Дано:			
$N = 2,44 \text{ к.с.}$	$N = 2,44 \cdot 75 \frac{\text{кГм}}{\text{сек}}$	$N = \frac{An}{t}$	$n = \frac{2,44 \cdot 75 \frac{\text{кГм}}{\text{сек}} \cdot 60 \text{ сек}}{5,88 \text{ кГм}} = 188.$
$A = 5,88 \text{ кГм}$	$A = 5,88 \text{ кГм}$	$n = \frac{Nt}{A}$	$n = 188.$
$t = 1 \text{ хв.}$	$t = 60 \text{ сек}$		
$n?$	$n?$		

Хоч задача більше відноситься до теми «Потужність», але тут її цілком можливо розв'язати, тому що спеціальних задач по темі «Удар» на обчислення швидкостей або маси тіла, яке зазнає удару, робити не можна внаслідок недостатньої підготовки учнів.

Цими відомостями закінчується викладення нового матеріалу. Для домашнього завдання рекомендуємо § 76 стабільного підручника і такі запитання:

1. Що відбувається з енергією тіл при ударі?
2. Наведіть приклади використання удару в рудниковій техніці.
3. Для чого призначений механічний штовхач?
4. Для чого служить бутобій?

Як було встановлено нашими спостереженнями на наступних уроках, більшість опитаних учнів виявила достатні знання цього матеріалу.

---

І. Н. ШВЕЦЬ,

ст. викладач

## ЕЛЕМЕНТАРНІ ЧАСТИНКИ В КУРСІ ФІЗИКИ 10 КЛАСУ

Поняття зарядженої елементарної частинки вперше дається учням 10 класу при з'ясуванні питання електронної теорії. Але сама електронна теорія з'ясовується в більшості випадків неповно, поверхово. Учні не розуміють, що таке електрон, пізніше — що таке електричний струм, не можуть і відрізнити електрон від інших частинок, уже відомих їм з курсу фізики 9 класу.

Щоб цього уникнути, треба звернути особливу увагу на розкриття діалектичного процесу пізнання природи речовини, хід викладу матеріалу повинен виражати діалектичне мислення вчителя і цим самим активізувати мислення учнів.

Говорячи про те, що багато років назад була висловлена атомістична гіпотеза будови матерії, згідно з якою матерія складається з дискретних частинок атомів, які вважались цілком неподільними, простими, непроникними, можна і слід сказати про зміст поняття елементарної частинки.

Атом вважали за елементарну частинку аж до початку ХХ ст. В 1918—1920 рр. після дослідів Резерфорда, коли з'ясувалось, що атом — це складна частинка, що він не є простим і неподільним, а складається з ядра та електронів, поняття елементарності перенесли на ядра атомів та електрони. В дальшому, особливо після теоретичних досліджень радянського фізика Д. Д. Іваненка, коли прийшли до висновку, що ядро атома складається з протонів та нейтронів, поняття елементарних частинок переноситься вже на складові частинки ядра...

Що ж являє собою «елементарна частинка»?

Ми не зможемо зараз дати чітку відповідь на це запитання; термін «елементарна» скоріше відноситься до рівня наших знань.

Взагалі, можна сказати, що на кожному етапі розвитку науки ми називаємо елементарними ті частинки, будови яких ще не знаємо і розглядаємо як найпростіші, тобто такі, що не складаються з інших частинок. В такому ж розумінні ми називаємо і електрон елементарною частинкою.

Всі наведені вище міркування підтверджуються експериментом, життям, і ми тепер з почуттям глибокої вдячності наводимо думки В. І. Леніна, висловлені ним майже 50 років тому:

«Суть» речей або «субстанція» *теж* відносні, вони виражають тільки поглиблення людського пізнання об'єктів, і якщо вчора це поглиблення не йшло далі атома, сьогодні — далі електрона і ефіру, то діалектичний матеріалізм наполягає на тимчасовому, відносному, приблизному характері всіх цих *віх* пізнання природи прогресуючою наукою людини. Електрон є так само *невичерпний* як і атом, природа безконечна, але вона безконечно *існує...*<sup>1</sup>

Більш детальне розуміння основних властивостей електрона як елементарної частинки та одиниці від'ємної електрики учні одержують, вивчаючи закони електролізу та пізніше — властивості катодних променів.

З'ясовуючи ці питання, вчитель повинен будувати уроки так, щоб вони були прямим, але більш глибоким і більш змістовним продовженням основних міркувань, приведених в електронній теорії. Коли учні зрозуміють, що різні іони можуть нести на собі лише дискретні, кратні найменшому порції заряду, треба з повною ясністю підкреслити висновок про те, що і електрика як позитивна, так і негативна поділена на певні елементарні кількості, які проявляють себе як атоми електрики.

Особливо важливу роль в пізнанні атомарної природи електрики відіграло вивчення проходження електрики в газах. Дослідження розряду в газах та вивчення властивостей створюваних при цьому катодних променів показали, що атоми від'ємної електрики можуть бути одержані у вільному (незв'язаному) вигляді.

За цими атомами від'ємної електрики історично затвердилася назва електронів, яка була запропонована Стонеем (1891) для позначення елементарних кількостей електрики.

Прямий доказ дискретності електричних зарядів та перше точне визначення величини заряду електрона способом знаходження зарядів окремих частинок були виконані Міллікеном в 1911 р. Цей спосіб полягає в безпосередньому вимірюванні заряду дуже малих краплинок масла, які рухаються в спеціальній камері під впливом електричного поля ( $F_{eл}$ ) та поля тяжіння ( $F_T$ ). Якщо дія полів взаємно зрівноважується, то крапля буде рухатися так, що  $F_{eл} = F_T$ , або  $eE = mg$ , де

$m$ — маса краплі;	} Знаючи $g, m, E$ , легко визначити $e$ .
$g$ — прискорення земного тяжіння;	
$E$ — напруженість електричного поля;	
$e$ — заряд	

Заряд електрона дорівнює  $4,802 \cdot 10^{-10}$  CGSE.

<sup>1</sup> В. І. Ленін, Твори, т. 14, стор. 239—240.

Методи для визначення маси електрона ґрунтуються на його русі в електричних та магнітних полях. Залежно від характеру та напрямку поля, яке діє на рухомий електрон, останній можна примусити рухатися по колу, по спіралі, можна збирати, тобто фокусувати електрони,— все це знаходить широке застосування в сучасній техніці, наприклад, в прискорювачах атомних частинок в електронних мікроскопах.

Тут також слід звернути увагу на матеріалістичний підхід до розвитку уявлень про електрон.

Матерія нескінченно різноманітна, знаходиться завжди в русі, зміні, розвитку, вона невичерпна. Дійсно, після відкриття електрона змогли визначити лише його заряд та масу, знали, що електрон повинен рухатися навколо ядра, бо лише це створює можливість стійкості атомної системи.

Пізніше упевнилися в тому, що маса електрона не є величина постійна, вона залежить від швидкості руху його і збільшується по закону  $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ , тому відрізняють «нерухому»

та «рухому» масу електрона і під останньою розуміють масу, яку набуває електрон при великих швидкостях. Електрон, крім руху навколо ядра (рух по орбіті), рухається ще й навколо власної осі (так званий спіновий рух). При такому русі електрон створює певний механічний та магнітний моменти. Електрон має властивість з'єднуватися з іншою частинкою позитивної електрики — позитроном і перетворюватися при цьому (разом з позитроном) в якісно відмінні «елементарні частинки» — фотони. Електрон може виникнути за рахунок перетворення фотона.

Чи все ми знаємо про електрон? Звичайно, ні. Матерія дійсно невичерпна і ми поступово все більше і більше дізнаємось про неї.

Закінчивши вивчення електрона, треба більш повно розказати учням і про *позитрон*. Досить довгий час вважали, що найменшою частинкою позитивної електрики є ядро атома водню — протон. Лише останнім часом, спочатку теоретично, а потім експериментально (1932), було відкрито нову елементарну частинку — додатний електрон, або позитрон. Ця частинка є найменшою порцією додатної електрики. Нерухома маса позитронів, спін така, як і в електрона, але заряд — протилежний. Магнітний момент позитрона такий самий як електрона, але з протилежним знаком.

Теорія позитрона розроблена Діраком. Відкриті дослідно позитрони були в 1932 р. Андерсоном, Блекетом та Оккіаліні в космічних променях. Незабаром було показано, що позитрони можна одержати штучно у вигляді пар протилежно заряджених частинок (позитрони і електрони) та спостерігати їх траєкторії в камері Вільсона, яка поміщена в магнітне поле



(метод академіка Д. В. Скобельцина). Позитрон та електрон, з'єднуючись, дають випромінювання з дуже короткою довжиною хвилі. Позитрон, на відміну від електрона, може існувати у вільному стані надзвичайно малі проміжки часу.

Дальшими елементарними частинками, які вивчають в курсі фізики 10 класу, є фотони. Про властивості фотонів учням розповідають в розділі «Дія світла» при поясненні питання фотоелектричного ефекту.

Розповідаючи про властивості фотонів, вчитель повинен підкреслити, що фотони це специфічні «частинки світла». Специфіка (або особливість) фотонів полягає в тому, що вони, маючи певну енергію (яка математично виражається  $E = h\nu$ ), імпульс ( $p = \frac{h\nu}{c}$ ), мають ще й масу  $m = \frac{h\nu}{c^2}$ . Отже, фотони проявляють як властивості хвилі (світлової), так і властивості частинки з певною масою. Така двояка специфічна властивість характерна взагалі всім елементарним частинкам, але фотон відрізняється в цьому від останніх тим, що він не має нерухомої маси, його нерухома маса дорівнює нулеві. Це означає, що фотони можуть бути лише рухомі, крім того, швидкість їх руху може дорівнювати лише швидкості світла. Маса фотона не змінюється з швидкістю, його електричний заряд також дорівнює нулю.

Фотони тісно зв'язані з електромагнітним полем і, як нам відомо, світло можна розглядати як електромагнітну хвилю. При випромінюванні світла збудженими атомами фотони виникають за рахунок електромагнітного поля, яке існує в самому атомі.

В розділі «Будова атома» учні вивчають властивості таких елементарних частинок як протони та нейтрони. Відомостей, які подаються про ці частинки, цілком достатньо, але ні в якому разі не можна обмежитися лише таким переліком елементарних частинок.

Виходячи з тих великих досягнень, які має фізика за останній час в галузі будови речовини, враховуючи зростання зацікавленості учнів до цього питання та необхідність розширення їх матеріалістичного кругозору, ми вважаємо, що в 10 класі треба розповісти (хоч в загальних рисах) про властивості таких частинок як нейтрино, антипротони та мезони. При цьому потрібно особливу увагу звернути на питання взаємного перетворення елементарних частинок.

Явище радіоактивного розпаду, при якому виділяється  $\beta$ -частинка (електрон), не можна було пояснити без допущення існування дуже малої частинки, в якій відсутній заряд. Ця частинка повинна випромінюватися з ядра разом з електроном. Її назвали «нейтрино», що означає «маленький електрон». Маса нейтрино точно не відома, але є підстави вважати, що вона менша маси електрона. Нейтрино, також як і електрон, має спін, тобто обертається навколо своєї власної осі. Мала маса

і відсутність заряду дають можливість нейтрини дуже легко проходити через різні речовини. Безпосередньо спостерігати нейтрини, наприклад, при допомозі фотографування їх слідів в камері Вільсона, поки ще не можна, але існує метод дослідного підтвердження гіпотези про існування нейтрини.

Розказавши про властивості протона, вчитель повинен розповісти про частинку, прямо протилежну протону. В 1955 р. групою вчених Каліфорнійського університету відкрита нова ядерна частинка — від'ємно заряджений протон, або антипротон. Антипротон (або інакше «протилежність протона») є частинка з масою, що дорівнює масі протона — ядра атома водню, але з від'ємним електричним зарядом.

Існування протона давно передбачали фізики-теоретики. Було зроблено багато спроб знайти антипротон в космічних променях, які до недавнього часу були єдиним джерелом наших відомостей про процеси, які проходять при великих енергіях. Але ці спроби не дали бажаних наслідків. Причина цього полягає в тому, що інтенсивність космічного випромінювання дуже незначна для створення антипротона. Антипротон знайдений не в космічних променях, а штучно створений при допомозі надзвичайно потужного прискорювача — беватрона, який дає змогу прискорювати протони до енергії 6,3 млрд. електрон-вольтів.

Нова частинка появляється дуже рідко. Тривалість її життя  $1/10000000$  секунди. В науці ще дуже мало знають про властивість антипротона, не можуть також нічого сказати про практичне застосування цього важливого відкриття.

Про властивості мезонів учням можна розповісти ось що. При дослідженні космічних променів (космічні промені — це потік частинок надзвичайно великої енергії, які попадають в атмосферу з світового простору і викликають численні ядерні перетворення) виявилось, що до їх складу, крім уже відомих частинок (фотонів, електронів, позитронів) входять нові, ще не відомі нам частинки з масою, що дорівнює приблизно 100—200 електронних мас, а заряд їх може бути як додатним, так і від'ємним.

Нові частинки одержали назву мезонів, або мезотронів.

Назва походить від грецького слова «мезос» — середній, тобто мезон має масу, середню між масою протона і електрона. Пізніше були знайдені мезони з масою 200, 260, 350, 500—600, 950 електронних мас. Відкриті в космічних променях також частинки з масою, більшою ніж маса протонів.

Мезони дуже швидко розпадаються, тривалість їх життя  $\tau = (2,15 \pm 0,07)$  (мікросекунд).

В залежності від маси заряду та характеру розпаду мезони дістали назву  $\pi$ -мезони,  $\Theta$ -мезони,  $\tau$ -мезони,  $K$ -мезони. Мезони взагалі виникають при ядерних перетвореннях та, в свою чергу, викликають ядерні розщеплення.

І таким чином, для учнів 10 класу треба дати короткий огляд основних властивостей відомих нам елементарних частинок.

Після цього дуже корисно було б дати учням систематизацію всіх відомих нам елементарних частинок. Таку систематизацію можна подати в такому вигляді:

I. Частинки з нерухомою масою, що дорівнює нулеві ( $m=0$ ) — фотони ( $\gamma$ ), тривалість існування в секундах  $= \infty$ .

II. Легкі частинки (лептони).

До складу їх входять: нейтрино —  $\nu$  (маса  $< 5 \cdot 10^{-4}$  маси електрона, тривалість існування в секундах  $= \infty$ ), електрон ( $m_e = 1$ ), позитрон,  $\mu$ -мезон ( $m = 207 m_e$ ,  $\tau = 2,2 \cdot 10^{-6}$  сек.).

III. Мезони. Частинки середньої ваги.

До складу їх входять:  $\pi^0$ -мезони ( $m = 264 m_e$ ,  $\tau \cong 10^{-14}$  сек.),  $\pi^+$ -мезони,  $\pi^-$ -мезони ( $m = 273 m_e$ ,  $\tau = 2,6 \cdot 10^{-8}$  сек.),  $\theta^0$ -мезони ( $m = 965 m_e$ ,  $\tau \cong 2 \cdot 10^{-10}$  сек.),  $\theta^+$ -мезони,  $\theta^-$ -мезони ( $m \cong 960 m_e$ ,  $\tau \cong 10^{-9}$  сек.),  $\tau^+$ ,  $\tau^-$ -мезони ( $m = 967 m_e$ ,  $\tau \cong 10^{-8}$  сек.),  $K^+$ ,  $K^-$ -мезони ( $m \cong 960 m_e$ ,  $\tau \cong 10^{-8}$  сек.),

IV. Важкі частинки (баріони).

До складу їх входять нуклони (протони, антипротони, нейтрони) та гіперони, тобто частинки, більш важкі ніж нейтрони.

Гіперони, в свою чергу, поділяються на  $\lambda$  частинки ( $m = 2182 m_e$ ,  $\tau = 3,7 \cdot 10^{-10}$  сек.),  $\Sigma$ -гіперони ( $m = 2339 m_e$ ,  $\tau = 3 \cdot 10^{-10}$  сек.) та каскадні гіперони —  $\Xi$  ( $m \cong 2600 m_e$ ,  $\tau \cong 10^{-10}$  сек.).

Тепер, коли в учнів уже склалося певне уявлення про основні властивості відомих нам елементарних частинок, слід зауважити, що ми ні в якому разі не стверджуємо, що знаємо уже все про згадані вище елементарні частинки. Вчені вивчили лише частково їх властивості, і цілком можливо, що властивостей ще не вивчених більше, ніж уже відомих. Підтвердженням цього є останні дослідження будови ядер атомів: уже тепер є підстави висловити думку про те, що протон також складна частинка і має планетарну будову...

Закінчуючи вивчення елементарних частинок, треба особливу увагу учнів звернути на властивість взаємного перетворення частинок, бо це питання майже не розглядається в 10 класі. Цього ж допускати не можна, бо найновіші дослідження показали, що взаємне перетворення елементарних частинок є загальним, а не лише частковим (лише для окремих частинок) і, очевидно, виражає собою загальний закон найпростіших форм матерії.

З'ясування взаємоперетворення елементарних частинок можна побудувати приблизно так.

Вивчення властивостей позитронів показало, що існує процес перетворення пари електрон — позитрон у фотони і навпаки, процес утворення пари електрон — позитрон з фотона. Якщо потік позитронів, що випромінюються, наприклад, радіоактивним ізотопом азоту  ${}^7\text{N}^{13}$ , направити на металеву пластинку, то бу-

дуть виділятися короткі  $\gamma$ -промені. Ці  $\gamma$ -промені виникають за рахунок того, що при з'єднанні позитронів з вільними електронами металу як позитрони, так і електрони перестають існувати — вони перетворюються в фотони великої енергії.

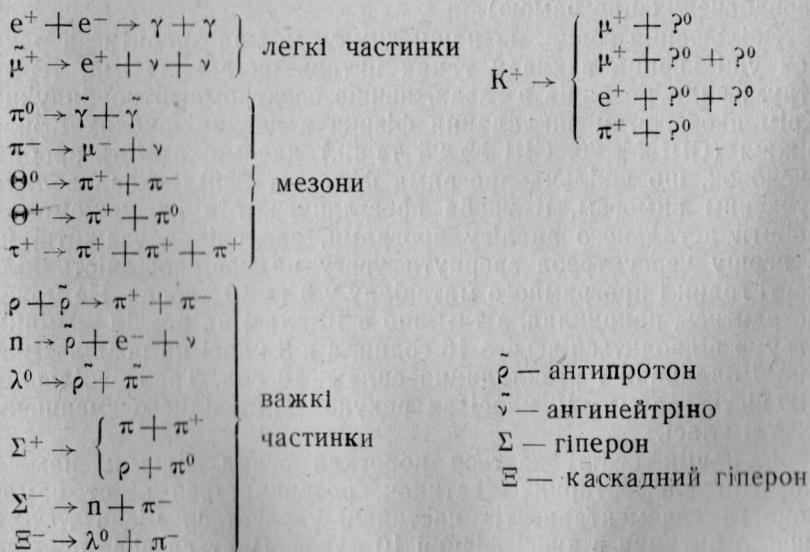
Відомо, що ядра всіх елементів складаються з протонів та нейтронів. Інших елементарних частинок в ядрі немає. Як же пояснити  $\beta^+$ - або  $\beta^-$ -розпад ядра, при яких з ядра вилітає відповідно позитрон або електрон?

Це явище можна пояснити, якщо допустити, що протони і нейтрони здатні до взаємних перетворень із звільненням позитронів або електронів за схемою:  $p \rightarrow n + e^+ + \nu$ ;  
 $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$ .

Який можна зробити висновок з цих прикладів?

Властивість елементарних частинок взаємно перетворюватися виражає одну з фундаментальних властивостей матерії взагалі, її здатність перетворюватися з однієї форми в іншу, якісно відмінну. На протязі останніх двох десятиріч ця властивість взаємоперетворення елементарних частинок підтверджувалась кожний раз відкриттям нових частинок — нейтронів, мезонів різних типів та недавно відкритих антипротонів. Після відкриття антипротона, коли виникла принципова можливість пояснити перетворення протона — антипротонних пар в мезони та в легкі частинки, можна сказати, що взаємне перетворення елементарних частинок є загальним законом найпростіших форм матерії.

Приведемо основні реакції розкладу нестабільних частинок, а для стабільних укажемо реакцію їх парного перетворення в частинки другої групи:



Матерія в своїх найпростіших формах може перетворюватися з однієї форми у відповідну другу, якісно відмінну.

Можливість перетворення окремих найпростіших форм обмежується законами збереження якісно відмінних зарядів, законами збереження імпульсу, енергії та моменту кількості руху, а також загальної нерухомої маси системи, яка зберігається в довільній ізольованій системі внаслідок збереження імпульсу та енергії.

Досягнення фізики в цьому питанні підтверджують правоту діалектичного матеріалізму, який, на відміну від метафізичного матеріалізму, відкидає існування незмінних елементів, що лежать в основі всіх явищ природи, відкидає існування «незмінної суті речей». Об'єктивний світ нескінченний як в цілому, так і в усіх своїх проявах. Ні атомна, ні електронна, ні квантова теорії не вичерпують матерії, бо матерія не зводиться ні до атома, ні до електрона, ні до якої іншої «елементарної» частинки.

Питання елементарних частинок в курсі фізики 10 класу треба з'ясувати у відповідних розділах, як це зазначено раніше. Так, властивості електронів і позитронів можна подати при вивченні електронної теорії, законів Фарадея для електролізу та катодних променів.

Вивчення фотонів може проходити при з'ясуванні явища фотоелектричного ефекту. Вивчення властивостей протонів, нейтронів, антипротонів та мезонів можливе лише при викладі розділу «Будова атома». Для цього в розділ «Будова атома» доцільно ввести нове питання «Властивості елементарних частинок» та збільшити кількість годин на розділ до 11 (замість 8, передбачених програмою).

Збільшення годин, на нашу думку, можна зробити за рахунок ущільнення викладу таких питань як закон Ома, термострум, види розрядів в газах, явище електромагнітної індукції. Крім цього, стан викладання фізики в деяких школах Криворіжжя (СШ № 66, СШ № 25 та ін.) дає можливість зробити висновок, що шкільна програма фізики (1956) не задовольняє сучасним вимогам, її треба переглянути. Ми не можемо тут робити детальний аналіз програми, але слід зауважити, що в першу чергу треба звернути увагу на невідповідність кількості годин і програмного матеріалу у 8 та 10 класах. Не можна погодитись, наприклад, з тим, що в 10 класі на розділ «Змінний струм» відводиться всього 16 годин, а в 8 класі на розділ «Інерція. Додавання і розкладання сил» — 18 год. Треба збільшити кількість годин в 10 класі за рахунок відповідного зменшення їх в 8 класі.

В нашій статті дається короткий огляд відомих нам на сьогодні елементарних частинок, розкривається зміст самого поняття «елементарності» частинки, указується місце того чи іншого питання в курсі фізики 10 класу. Дається нове поки що



трактування питання взаємного перетворення елементарних частинок.

Автор статті не ставить собі за мету зробити якість доповнення до стабільного підручника фізики 10 класу або замінити окремі його розділи. Стаття дає можливість систематизувати в більш зібраній формі питання про елементарні частинки, розкрити діалектичний характер пізнання їх і може бути, на нашу думку, посібником для вчителя фізики середньої школи.

---

С. Я. КРАСНИЦЬКИЙ,

доцент

## РЕНТГЕНОГРАФІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ РЕЧОВИНИ В РІДКОМУ СТАНІ

### ВСТУП

Спільним для безперервного переходу із рідкого стану в газоподібний є відсутність анізотропії та пружності форми. Це обумовлено легкою рухливістю молекул. Довгий час це явище розцінювалось на користь погляду, за яким рідина за своєю природою стоїть ближче до газів, ніж до твердих тіл. За цими поглядами розташування молекул у рідині приймалось за хаотичне, як і в газах.

Однак, коли придивитися до величин, які характеризують рідини з точки зору міжмолекулярного, силового поля, питомої ваги, коефіцієнта стисливості, показника заломлення, захованої теплоти випаровування, то мимоволі напрошується висновок про те, що рідини повинні стояти ближче до твердих кристалічних тіл, ніж до газів.

Ця точка зору дістала своє підтвердження після застосування рентгенівського аналізу в дослідженні будови рідини. Початок дослідження рідини при допомозі рентгенових променів був покладений в 1916 р. працями Дебая та Шеррера, які застосували його до бензолу [1].

Значних успіхів у галузі рентгенографії рідин вдалося досягти завдяки теоретичним працям Церніке і Прінса (1927) та Дебая (1931), присвяченим розсіянню рентгенівських променів аморфними тілами.

Теорія Дебая, Церніке і Прінса дала можливість уже кількісно описати структуру рідин при допомозі функції атомного розміщення.

У всіх працях, виконаних до цього часу при вивченні впорядкування в рідинах по дифракції рентгенових променів, застосовувались два основних методи дослідження.

Перший метод полягає в тому, що, взявши певну структуру (функцію атомного розміщення), обчислюють криві інтенсив-

ності, які потім співставляють з одержаними експериментальними кривими інтенсивності [1—4]. Цьому методу присвячені роботи школи академіка Данилова (Мохов, Радченко, Сиротенко, Лазебник, Бушуєв, Лашко, Зубко, Красницький, Протопопов і ін.) до 1940 р., а також праці Бернала, Фаулера, Принса, Петерсена, Зауервальда і Теске.

Другий метод дає можливість визначити функцію атомного розподілу за експериментальною кривою інтенсивності без будь-яких апіорних припущень про структуру рідини, використовуючи функцію атомного розподілу, одержану Дебаєм, Церніке та Принсом [5—14].

Остаточний результат цієї теорії може бути виражений такою формулою:

$$4\pi R^2 \rho(R) = 4\pi R^2 \rho_0 + \frac{2R}{\pi} \int_0^{\infty} Si(S) \sin SR dS, \quad (1)$$

де  $\rho(R)$  — функція розподілу атомів (тобто атомна густина або число атомів в одиниці об'єму на віддалі  $R$  від атома, взятого за початковий),

$\rho_0$  — середня атомна густина.

Ліва частина рівняння  $4\pi R^2 \rho(R)$  є функцією атомного розподілу і дає можливість уявити розміщення атомів в рідині, а також досить точно визначити число найближчих сусідів і віддаль  $R$ , на якій знаходяться сусідні атоми. Користуючись цим рівнянням, на основі експериментальної кривої інтенсивності можна одержати функцію атомного розподілу.

При допомозі цього методу одержані криві атомного розподілу для таких простих елементів:  $N_2$ ,  $O_2$ , Li, Al, P, Cl, S, Ag, K, Lp, Ga, Cd, In, Sn, XI, Hg та ін. [8].

Перша формула може бути застосована лише до тих рідин, які складаються з однакових атомів.

В 1936 р. Уоррен, Крутер і Морнінгстар застосували теорію Дебая для дослідження стеклок і молекулярних рідин, які складаються з атомів різного сорту, вводячи поняття ефективного числа електронів в атомі.

Застосовуючи аналіз Фур'є до експериментальних кривих інтенсивності у випадку багатоатомних рідин та стеклок, можна одержати криву радіального розподілу електронної густини, яка по Уоррену передається таким рівнянням:

$$\Sigma k_m 4\pi R^2 \rho_m(R) = \Sigma k_m 4\pi R^2 \rho_0 + \frac{2R}{\pi} \int_0^{\infty} Si(S) \sin SR dS, \quad (2)$$

де  $\Sigma$  — сумарність за молекулярним складом;

$k_m = \frac{f_m}{f_e}$  — ефективне число електронів в атомі  $m$ ;

$f_m$  — атомний фактор розсіяння атома  $m$ ;

$f_e = \frac{\sum f_m}{\sum z_m}$  — середнє значення атомного фактора, розраховане на один електрон;

$\sum f_m$  — величина „молекулярного фактора“;

$\sum z_m$  — загальне число електронів всіх атомів, які входять в склад молекули.

$$S = 4\pi \frac{\sin\theta}{\lambda} i(S) = \frac{I_{eu} - \sum f_m^2}{f_e^2}$$

По кривій радіального розподілу електронної густини можна, з урахуванням ефективного числа електронів в атомі, обчислити як взаємне розташування і віддаль між атомами, так і число їх.

В деяких випадках можна твердити про наявність окремих молекул як структурних одиниць рідини.

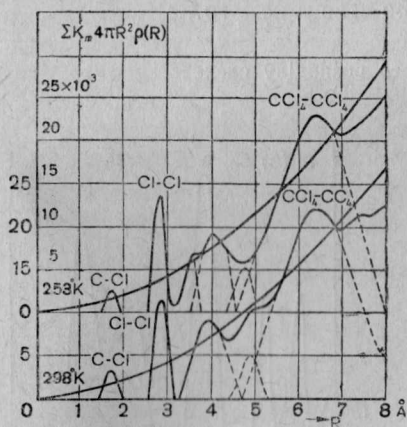


Рис. 1. Крива радіального розподілу електронної густини  $\text{CCl}_4$  при температурі  $253^\circ$  і  $298^\circ\text{K}$ .

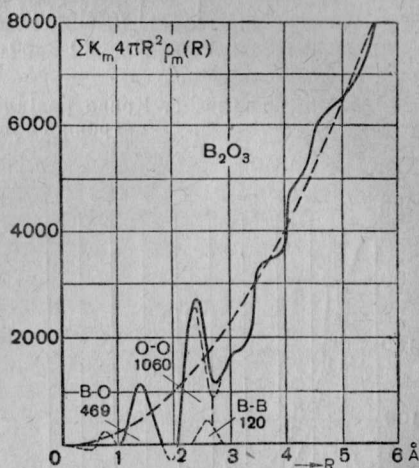


Рис. 2. Крива радіального розподілу електронної густини  $\text{B}_2\text{O}_3$ .

Не вдаючись в детальний аналіз робіт, присвячених рентгеноструктурному дослідженню складних молекулярних рідин і стекел, зупинимося коротко на висновках, які впливають із цих праць.

На рис. 1, 2, 3 подані криві розміщення електронної густини для  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$  і  $\text{SiO}_2$ , а на рис. 4 і 5 — для  $\text{B}_2\text{O}_3$ ; подана також експериментальна крива інтенсивності і крива  $\text{Si}(S)$  [5, 9, 12].

Аналіз цих кривих дає можливість зробити такий висновок:

1. Положення максимумів на кривих розподілу дають між-атомні, а в деяких випадках і міжмолекулярні віддалі в рідині.

2. Наявність першого дискретного максимуму свідчить про існування молекул як структурних одиниць рідини.

3. Величина площі під максимумом дає число атомів, що оточують даний атом на віддалі, яка відповідає положенню цього максимуму.

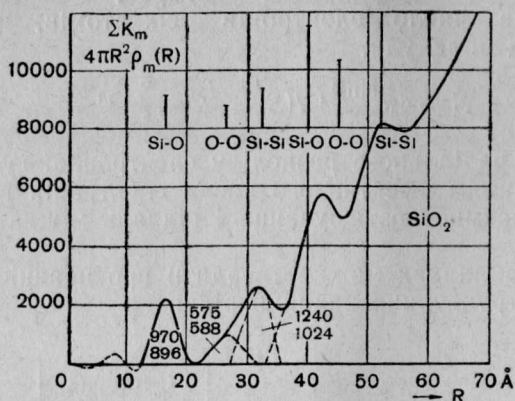


Рис. 3. Крива радіального розподілу електронної густини  $\text{SiO}_2$ .

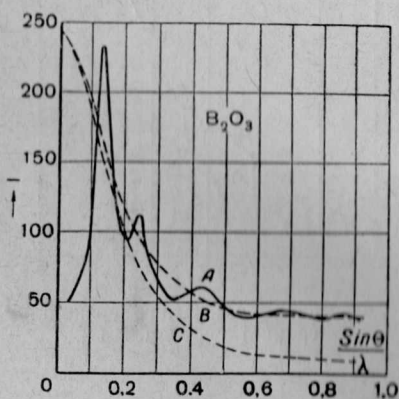


Рис. 4. Крива інтенсивності  $\text{B}_2\text{O}_3$ .

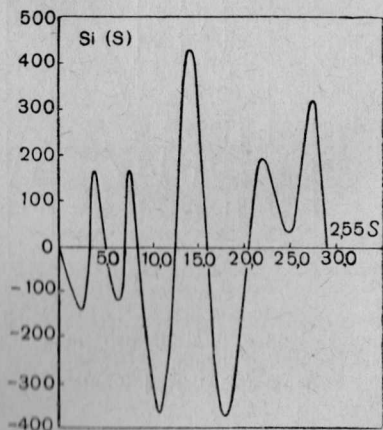


Рис. 5. Крива  $\text{Si}(S)$  рідкого  $\text{B}_2\text{O}_3$ .

4. Аналізом кривих атомного розподілу звичайних рідин було встановлено наявність у рідкому стані молекул  $\text{O}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{N}_2$  та  $\text{P}_4$ , а в сірці, в чорному та червоному аморфному фосфорі більш складних структурних утворень [5 і 8].

5. Застосування методу Уоррена для дослідження складних молекулярних рідин і стекел дало можливість визначити не лише внутрішньомолекулярну структуру, а й в деяких випадках і більш складну впорядкованість структурних одиниць ( $\text{CCl}_4$  і стекла). [5 і 9].



6. Слід підкреслити, що структурна впорядкованість у рідині поблизу точки затвердіння майже в усіх випадках наближається до такої в кристалі даної речовини. Однак характер цієї впорядкованості не слід ототожнювати з упорядкованістю в кристалі.

## 1. ВИБІР ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТУ

Аналіз Фур'є знайшов широке застосування для дослідження рідин, що мають атоми різного сорту і володіють досить складною молекулярною структурою. Криві розподілу електронної густини одержані для великого числа простих [8] і складних молекулярних рідин [5—14]. В усіх випадках стає можливим, аналізуючи ці криві, одержати досить цінні відомості про структуру рідин, а інколи і будову молекул.

Можна вказати на окремі успішні спроби використання кривих розподілу для обчислення деяких теплових характеристик рідин [15]. Таким чином, зараз вже накреслюються шляхи використання результатів структурних досліджень рідин при обговоренні різних її фізичних властивостей.

Істотною прогалиною в ряді структурних досліджень рідин є відсутність досліджень будови розплавлених солей. А тимчасом є підстава думати, що дослідження іонних рідин може бути дуже корисним для розвитку теорії рідкого стану, як і дослідження властивостей іонних кристалів для фізики твердого тіла.

З цією метою об'єктом дослідження було взято калійну селітру. Для одержання кривої інтенсивності, яку можна було б аналізувати при допомозі узагальненого методу Фур'є, необхідно було виконати такі експериментальні умови:

### а) Монохроматизація випромінювання

Майер [17], Гінґріч [19] встановили, що фільтрація рентгенівських променів, яка застосовується при одержанні рентенограм твердих речовин, є явно недостатньою при одержанні кривих інтенсивності, що могли б бути використані для визначення  $\rho(R)$  у рідині. Найбільш надійним способом монохроматизації променів є відбивання їх від кристала. В роботі Блакс [19] показано, що недостатня фільтрація може викликати появу додаткових максимумів на кривих розсіювання.

В даній роботі при одержанні рентенограм з рідкої солі застосовувалась  $M_0-K_\alpha$  і  $Ag-K_\alpha$  випромінювання, монохроматизоване відбиванням від кристала кам'яної солі.

### б) Методика виготовлення та нагрівання зразків рідких солей

Застосування рентгенівських променів, монохроматизованих відбиванням від кристалів кам'яної солі, вимагає тривалої

експозиції. Це значно ускладнює методику не тільки безпосереднім збільшенням часу експозиції, але також і тим, що при цьому необхідно забезпечити постійність умов, в яких знаходиться зразок протягом часу експозиції. Узагальнений аналіз Фур'є може бути застосований до експериментальних кривих інтенсивності тільки при тій умові, коли в час експозиції зразок рідкої солі зберіг би свою форму і об'єм. Значні труднощі на цьому шляху зустрілися при доборі способу підогріву, який забезпечував би температурний режим та задовольняв вищевказані вимоги.

Для одержання зразків рідкої солі була виготовлена із платиного провода продовгувата петля *P* (рис. 6) довжиною 12—15 мм і шириною 1,5—1,8 мм. Ця петля закріплювалась на фарфоровому тримачі *D*, який установлювався в центрі камери. Платинова нитка *P* була тримачем зразка і одночасно була пічкою. На петельку клали сіль.

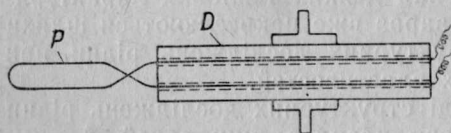


Рис. 6. Тримач зразка.

При пропусканні по цій петлі струму від акумулятора силою в 5,6 а сіль плавилась і завдяки поверхневому натягу утримувалась на петлі в формі невеликого напівциліндра. Змінюючи

довжину та ширину петлі, можна одержати поверхню рідкого зразка, циліндричну в тій частині його, на яку падає рентгеновський пучок. Застосування описаної вище методики одержання зразка рідкої солі дало можливість добитися сталості величини і форми його протягом 35—40 год.

в) Установка зразка в камері та визначення положення максимумів на експериментальній кривій інтенсивності

Для точного визначення кутової залежності експериментальної кривої інтенсивності розсіяних рентгеновських променів, як відомо, необхідно користуватися камерою великого діаметра. Уоррен, Крутер, Морнінгстар [20] використовували камеру радіусом 4,4 см, Гарвей користувався камерою 5,43 см, а Брей та Гінґріч [22] в 1943 р. одержали знімок в камері з радіусом 9,2 см.

Збільшення радіуса камери більше 3,5 см в наших умовах вимагало б збільшення часу експозиції, значно перевищуючи той час, протягом якого можна було б забезпечити сталість об'єму й форми зразка рідкої солі. Зважаючи на це, довелось зупинитися на барабані діаметром 68 мм. Для того щоб при порівняно невеликому барабані одержати рентгенограми, за якими можна з достатньою точністю визначити кутову залеж-

ність інтенсивності розсіяних рентгенівських променів, було звернено особливу увагу на точність установки зразка в центрі камери й на точне визначення положення максимумів на експериментальній кривій інтенсивності.

Для точного визначення положення максимумів на експериментальних кривих інтенсивності розсіяних рентгенівських променів було зроблено таке: паралельно осі барабана камери, в зоні великих кутів розсіяння, була впаяна стальна голка (рис. 7). Ця голка давала на рентгенограмі тінь  $T$ . Визначаючи положення голки на окружності барабана відносно діаметра, який співпадає з напрямом первинного пучка, можна було визначити значення кутів, що відповідають розміщенню положення максимумів на кривій інтенсивності. Ці кути особливо точно можуть бути визначені на мікрофотограмах, на яких також фіксувалась тінь, одержана від голки. Застосування такого способу визначення кутової залежності обумовлювалось необхідністю непопадання пучка на плівку.

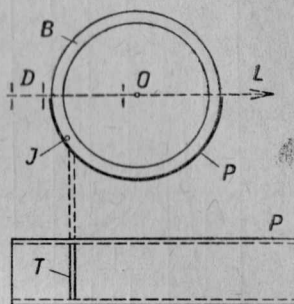


Рис. 7. Схема барабана камери.

З метою перевірки точності експеримента по кривих інтенсивності були одержані по три знімки, придатні для мікрофотометрування в мідному, срібному і молібденовому випромінюванні.

Визначаючи для кожного випромінювання кутову залежність інтенсивності розсіяних рентгенівських променів і, співставляючи їх між собою, можна було перевірити точність визначення кутів, а також точність проведених експериментів.

Виконання вказаних вище умов при одержанні експериментальних кривих інтенсивності дає можливість бути впевненими в тому, що кутова залежність інтенсивності розсіяних рентгенівських променів рідким зразком визначена з достатньою точністю.

## II. РЕЗУЛЬТАТ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ

На рис. 8 подана експериментальна крива інтенсивності для рідкої солі  $KNO_3$ . Крива  $C$  є конкретне розсіяння, а крива  $B$  — неконкретне розсіяння для молекул  $KNO_3$ . Крива  $I_{ei}$  при великих  $\frac{\sin \theta}{\lambda}$  співпадає з кривою сумарного когерентного і некогерентного розсіяння. Так виражається інтенсивність  $I_{ei}$  в електронних одиницях.

На цій кривій виявлено чотири максимуми, з яких три перші на мікрофотограмі виявлені чітко, визначення останнього вимагає багатьох вимірювань та використання середньої величини цих вимірювань.

На рис. 9 подана крива радіального розподілу електронної густини для рідкої солі. Ця крива була одержана із експериментальної кривої інтенсивності (рис. 8) при допомозі узагальненого методу Фур'є. Інтеграл рівняння (2) обчислювався тригонометричним методом Данилова—Лашко [7].

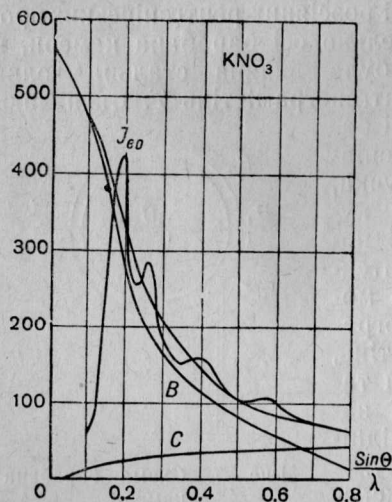


Рис. 8. Експериментальна крива інтенсивності рідкої солі  $\text{KNO}_3$ .

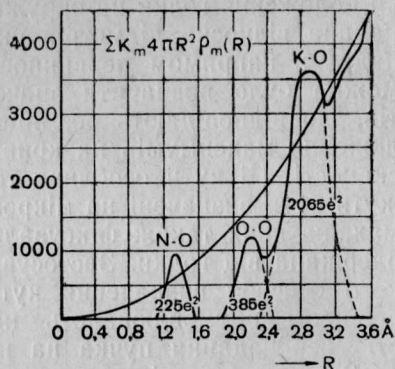


Рис. 9. Крива радіального розподілу електронної густини рідкої солі  $\text{KNO}_3$ .

Для обговорення кривої розподілу електронної густини необхідно розглянути деякі дані про структуру кристала  $\text{KNO}_3$ . Кристали  $\text{KNO}_3$  мають пратку типу кальциту в температурному інтервалі від  $127^\circ\text{C}$  до точки плавлення, але в кристалі  $\text{CaNO}_3$  атоми кальцію в ґратці кальциту повинні бути замінені атомами калію, а атоми вуглецю — атомами азоту. Міжатомна віддаль для кристалів  $\text{KNO}_3$  подана в таблиці.

#### Міжатомна віддаль в кристалі солі $\text{KNO}_3$

Сіль	Віддаль в $\text{Å}$
N—O	1,27
O—O	2—2
O—O	2,95

В кристалічній ґратці  $\text{KNO}_3$  між площинами, засіяними тільки металічними атомами, розташовані на рівній віддалі від них площини з радикалами  $\text{NO}_3$ .

При цьому атоми азоту містяться на рівній віддалі від центрів тяжіння трикутників, на вершинах яких розташовані металічні атоми.

Найближчими сусідами атомів азоту є атоми кисню. Три атоми кисню знаходяться від кожного атома азоту на віддалі 1,27 Å. Віддаль між центрами атомів кисню дорівнює 2,20 Å. Кожен атом калію має шість найближчих сусідів кисню на віддалі 2,95 Å.

Розглянемо криву радіального розподілу електронної густини рідкого  $\text{KNO}_3$ . На цій кривій розподілу електронної густини (рис. 9) є ізольований максимум, розташований при 1,29 Å. Площа під ним дорівнює  $225_e^2$ , що дає при підрахунку приблизно 3 сусіди кисню. Величина площі та положення першого максимуму говорять про те, що цей максимум відповідає віддалі N—O в радикалі  $\text{NO}_3$  нашої солі.

Чітко виражену дискретність максимуму N—O можна розцінювати як доказ існування структурно впорядкованого радикала  $\text{NO}_3$ , який зберігся практично незмінним при плавленні. Про це свідчить близькість віддалей N—O в рідкому (1,29 Å) і твердому (1,27 Å) стані та число сусідів кисню навколо азоту, що дорівнює трьом.

На цій же кривій ясно виражені ще два максимуми. Один із них розміщений при  $R = 2,20$  Å, а другий — при  $R = 2,9$  Å. Віддаль 2,2 Å, на якій розміщено другий максимум, відповідає в кристалах віддалі між атомами кисню в радикалі  $\text{NO}_3$  (див. таблицю).

$\text{KNO}_3$					
			Віддаль в Å	Число сусідів кисню	
			N—O	1,27	3
			O—O	2,2	2
			K—O	2,95	6

Рис. 10. Таблиця. Міжатомна віддаль в кристалі солі  $\text{KNO}_3$ .

Величина площі під цим максимумом дорівнює  $385_e^2$ , відповідаючи приблизно (2,3) двом атомам вуглецю, що знаходяться на цій віддалі від третього. Отже, положення та площа під другим максимумом також свідчать про наявність радикала  $\text{NO}_3$  як структурної одиниці в рідкій солі. Третій, різко виявлений максимум при  $R = 2,9$  Å, слід розцінювати, як відповідаючий віддалі між атомами калію і найближчими до нього атомами кисню. Це впливає із зіставлень положення



максимуму з міжатомною віддаллю калій—кисень в кристалічній ґратці солі  $\text{KNO}_3$  (2,95 Å) та з оцінки площі під цим максимумом. Дійсно, експериментально знайдена площа  $2065_e^2$  дає число сусідів, приблизно рівне 6,5, що можна прийняти за шість атомів кисню, які містяться на різних віддальх від калію.

Проведений вище аналіз кривої розподілу електронної густини розплавленої солі  $\text{KNO}_3$  поблизу точки кристалізації дає підставу говорити про те, що і після плавлення кристалів  $\text{KNO}_3$  упорядкованість іонів відносно радикалів в значній мірі зберігається. При цьому, однак, не можна говорити про збереження кристалічної ґратки, зокрема про збереження площин, засіяних металами і радикалами, про що свідчить широта трьох максимумів. Перевага ж конфігурацій іон-радикалів, що має місце в кристалах, наочно підтверджується наявністю 3-го максимуму на кривій розподілу і для рідких солей.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. В. И. Данилов, Рассеяние рентгеновских лучей в жидкостях, ОНТИ, 1935.
2. С. Я. Красницкий и А. К. Протопопов, «Записки физического факультета ДГУ», XVII, 1941.
3. В. И. Данилов и И. В. Радченко, О структуре жидких металлов вблизи точки кристаллизации, Ж.Э.Т.Ф., 1937, № 9, 10.
4. В. И. Данилов, Применение рентгеновских лучей к исследованию жидкого состояния. Рентгенография и применение к исследованию материалов, М.—Л., ОНТИ, 1936.
5. С. Я. Красницкий, Рентгенографическое исследование молекулярных жидкостей методом Уоррена. Диссертация, ДГУ, 1947.
6. А. И. Данилова и В. И. Данилов, Рентгенографическое исследование жидких сплавов. «Проблемы металловедения и физики металлов» (второй сборник трудов) ОНТИ, Москва, 1951.
7. А. С. Лашко, Диссертационная работа ДГУ, 1940.
8. Н. С. Гингрич, Рентгенография жидких элементов, «Успехи химии», т. XV, вып. 3, 1946.
9. В. E. Warren, H. Krutter and Morningstar, Am. Ceram. Soc., 19, 202 (1936).
10. В. И. Данилов, С. Я. Красницкий, Рентгенографическое исследование расплавленных солей  $\text{KNO}_3$  и  $\text{NaNO}_3$ , «Доклады Академии наук СССР», т. I, № 4, 1955.
11. А. И. Данилова, В. И. Данилов и Е. З. Спектор, О характере упорядоченности атомной структуры жидких металлов, «Проблемы металловедения и физики металлов» (третий сборник трудов), ГОНТИ, Москва, 1952.
12. E. E. Gray and N. S. Gingrich, J. Chem. Phys., 11, 351 (1943).
13. В. И. Данилов, Рассеяние рентгеновских лучей в жидкостях и строение жидкостей. Материалы совещания в г. Киеве 28—30 мая 1953 г., вид. КДУ, 1954.
14. В. И. Данилов и С. Я. Красницкий, Исследование структуры расплавленных солей вблизи точки кристаллизации, вид. АН УРСР, 1956.
15. S. Hildebrand, J. Chem. Phys., 7, 1 (1939).
16. N. S. Gingrich, C. N. Wall, Phys. Rev., 56, 336 (1939).

17. H. Meyer, *Ann. der Phys.*, **5**, 701 (1930).
  18. N. S. Gingrich, *Rev. of Mod. Phys.*, **19**, 90 (1943).
  19. P. C. Blake, *Rev. Mod. Phys.*, **5**, 180 (1933).
  20. B. E. Warren, H. Krutter and Morningstar, *J. Am. Ceram.*,  
19, 202 (1936).
  21. G. G. Harvey, *J. Chem. Phys.*, **6**, 111 (1938).
  22. E. E. Bray and N. S. Gingrich, *J. Chem. Phys.*, **11**, 351 (1943).
-

Д. М. КАРЛИКОВ і Д. П. КАРЛИКОВА,

асистенти

## РЕНТГЕНОГРАФІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ РОЗПЛАВЛЕНИХ АМАЛЬГАМ ЦИНКУ

При вивченні фізичних властивостей рідких металічних сплавів одне з основних питань є питання їх будови.

В. І. Данилов [1], вивчаючи вплив міжмолекулярних сил на характер розподілу атомів у рідких розчинах, вказав на доцільність поділу останніх на три групи:

1. Молекулярно-змішувані або фізичні розчини.
2. Рідкі евтектичні сплави або псевдоемульсії.
3. Розчини, компоненти, які утворюють хімічні сполуки.

Прямі відомості про характер розподілу атомів в розчинах можуть бути одержані із даних розсіювання рентгенівських променів.

Нижче наводяться наслідки рентгенографічного дослідження будови рідких розчинів цинку у ртуті, що відповідають таким трьом різним концентраціям: 8,7% Zn; 12% Zn та 21% Zn.

Вибір об'єктів підказаний роботою О. З. Голика [2], в якій вивчено фізико-хімічні властивості для цих концентрацій. Це дасть можливість аналіз дифракційної картини розсіювання рентгенових променів рідкими амальгамами цинку провести паралельно з аналізом фізико-хімічних властивостей цих розчинів.

### МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТІВ

Амальгами цинку виготовлялись в кварцових ампулах під вакуумом. Розплавлений цинк очищався від окислів, проходячи через капіляри, змішувався з ртуттю в ампулі, після чого ампула відпаювалась під вакуумом. Кожна з досліджуваних амальгам виготовлялась при температурі рідкої фази діаграми стану даної системи [3] до повного розчинення металу у ртуті.

Для запобігання окислення зразка він заморожувався в ампулі і вміщувався у вигляді твердого металічного злитка у тигель пічки камери.

Рентгенівські знімки одержані в  $Cu - K_{\alpha}$  випромінюванні, що монохроматизоване з допомогою кварцового зігнутого кри-

стала. Зйомка провадилась з вільної поверхні розплавленого сплаву у вакуумній камері, загальний вигляд якої дається на рис. 1.

Монохроматичний пучок рентгенівських променів падав під кутом  $10^\circ$  до горизонтальної поверхні сплаву. Перевірка юстировки зразка провадилась шляхом одержання знімків з плоского мідного зразка в твердому стані. З допомогою спеціального пристосування тримач тигелька пічки можна плавно переміщувати вгору або вниз відносно падаючого пучка, не порушуючи вакууму в камері. Це дозволило здійснити збереження опромі-

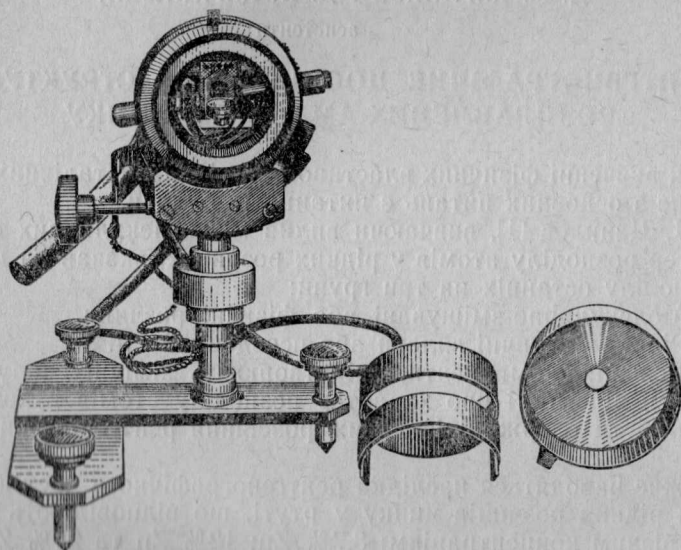


Рис. 1.

нюваної поверхні сплаву під час зйомки у строго фіксованому положенні, контролюючи його мікроскопом «МИР-1», який вмонтований у бокову стінку камери.

Пічка складається з керамічної основи, яка у нижній своїй частині має підігрівник у вигляді спіралі з ніхромового дроту, а зверху розташований впресований тигель, що вміщує  $1,5 \text{ см}^3$  металу, що досліджується.

Під час зйомки провадилися спостереження за положенням поверхні зразка, станом вакууму в камері та температурою сплаву. Остання контролювалася хромель-алюмелевою термопарою, вміщеною в зразок за допомогою капіляра. Температура амальгам  $8,7\% \text{ Zn}$  і  $12\% \text{ Zn}$  підтримувалась рівною  $70^\circ\text{C}$ , для  $21\% \text{ Zn}$  —  $110^\circ\text{C}$ .

Рентгенограми з необхідною густиною почорніння утворювались в середньому за 20 год. при навантаженні на трубці в 20 ма та 38 кв. З кожного сплаву було одержано не менше

трьох придатних для розрахунку рентгенограм. Рентгенівські знімки мікрофотометрувались на самореєструючому мікрофото-метрі МФ-4.

Після виключення фактора поляризації та врахування поправки на вбирання в зразку експериментальні криві інтенсивності приводились до електронних одиниць. Останнє виконувалось за методом «найменшого осцилювання». Для цього, після врахування вказаних вище факторів, з експериментальної кривої інтенсивності визначалась функція  $i'(S)$ .

$$i'(S) = \frac{I}{n_1 f_1^2 + n_2 f_2^2}, \quad (1)$$

де  $I$  — виправлена експериментальна інтенсивність розсіяного випромінювання;

$f_1^2$  та  $f_2^2$  — атомні фактори відповідно для атомів першого та другого сортів;

$n_1$  та  $n_2$  — концентрація атомів першого та другого сортів в сплаві.

$$S = 4\pi \frac{\sin \vartheta}{\lambda}; \quad (2)$$

$\lambda$ ,  $\vartheta$  та  $N$  — звичайні позначення [4] у рентгенографії.

На графіку  $i'(S)$  паралельно осі  $S$  проводилась лінія на такій віддалі від осі абсцис, щоб осцилювання кривої  $i'(S)$  для великих значень  $S$  було симетричним відносно цієї лінії і щоб при достатньо великих  $S$  ордината даної лінії була б граничним значенням  $i'(S)$ . Ордината цієї лінії приймалась за одиницю вимірювання інтенсивності.

Критерієм правильного приведення експериментальної кривої інтенсивності до електронних одиниць служило

$$\int_0^{S_0} [i'(S) - 1] S^2 dS = 0. \quad (3)$$

З експериментальних значень інтенсивності, що виражались в електронних одиницях, вираховувалось некогерентне розсіювання і будувались криві  $I_{e0}$ .

### ОБГОВОРЕННЯ НАСЛІДКІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

На рис. 2 подані експериментальні криві інтенсивності в електронних одиницях для розчинів цинку у ртуті відповідно 8,7% Zn, 12% Zn і 21% Zn. Тут же для порівняння, подана крива інтенсивності рідкої ртуті (рис. 2) [5].

Криві інтенсивності рідких амальгам в загальному подібні до кривих інтенсивності для чистих металів, відрізняючись лише положенням максимумів. Останні займають проміжне значення між положеннями їх в чистих компонентах (табл. 1).



Кутове положення максимумів інтенсивності в  $\frac{\sin \theta}{\lambda}$ 

Метал	Температура у °С	Головний максимум	II максимум	III максимум
Ртуть [5]	20	0,190	0,360	0,525
8,7% Zn в Hg	70	0,194	0,368	0,530
12% Zn в Hg	70	0,200	0,372	0,540
21% Zn в Hg	110	0,202	0,374	0,540
Цинк [6]	460	0,228	0,380	—

Із збільшенням концентрації цинку в розчині максимуми інтенсивності зміщуються від ртуті до цинку. Це особливо помітно за положенням головного максимуму інтенсивності. Вказані особливості кривих інтенсивності розсіювання рентгенівських променів не суперечать віднесенню рідких амальгам цинку, на основі їх фізичних властивостей, до групи фізичних розчинів [2].

Однак дальший висновок про характер розподілу атомів можна зробити лише на підставі аналізу кривих радіального розподілу.

Функції атомного розподілу були визначені з рівняння [7]:

$$G(r) = 4\pi r^2 (F_2^1 n_1 \rho_1^0 + F_1^2 n_2 \rho_2^0 + 2n_2 \rho_1^0) + \frac{2r}{\pi} \int_0^\infty i(S) \sin Sr dS, \quad (4)$$

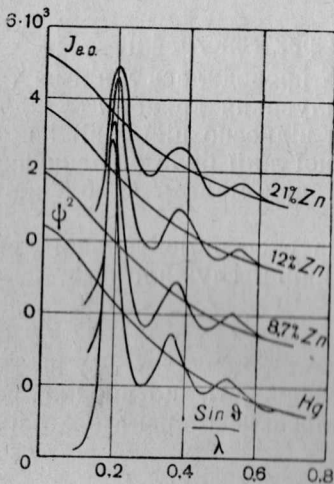


Рис. 2.

де

$$i(S) = \frac{I_{e0}}{N} - \frac{n_1 f_1^2 - n_2 f_2^2}{f_1 f_2} S; \quad (5)$$

$$G(r) = 4\pi r^2 [F_2^1 n_1 \rho_1(1) + F_1^2 n_2 \rho_2(2) + 2n_2 \rho_1(2)], \quad (6)$$

$\rho_1(1)$  — радіальна функція густини атомів першого сорту, коли на початку координат знаходиться атом також першого сорту;

$\rho_2(2)$  — радіальна функція для атомів другого сорту;  
 $\rho_1(2)$  — радіальна функція густини атомів другого сорту, у тому випадку, коли на початку координат знаходиться атом першого сорту;

$\rho_1^0$  та  $\rho_2^0$  — середня густина атомів відповідно першого та другого сортів;

$F_2^1 = \left(\frac{f_1}{f_2}\right)_{\text{cp}}$  та  $F_1^2 = \left(\frac{f_2}{f_1}\right)_{\text{cp}}$  — середнє значення відповідних атомних факторів.

Обчислення інтеграла, що входить у формулу (4), виконане методом тригонометричної інтерполяції О. С. Лашко [8].

Рис. 3 являє собою ряд кривих атомного розподілу для розчинів цинку у ртуті, що відповідають трьом вказаним вище концентраціям.

Функції атомного розподілу осцилюють навколо їх середніх значень (парабол).

Із зростанням концентрації цинку в розчині спостерігається зменшення висоти першого максимуму з одночасним його розширенням, поступовий розмив другого максимуму та зсув третього максимуму в бік менших  $r$ .

Слід звернути увагу на те, що на кривих розподілу відсутня тенденція до утворення ізольованого максимуму, такого, як, наприклад, у випадку рідкого хлору [6]. Крім того, якщо б енергетично найбільш вигідним був зв'язок різнойменних атомів і атоми цинку мали б найближчими сусідами тільки атоми ртуті, то в цьому випадку площа під першим максимумом повинна була б рівнятися виразу

$$2n_{\text{Zn}} \int 4\pi r^2 \rho_{\text{Hg}}(\text{Zn}) dr.$$

Таке припущення суперечить одержаним експериментальним наслідкам. Дійсно, щоб одержати площу першого максимуму (наприклад, для 8,7% Zn) рівно 23, необхідно припустити, що кожний атом цинку має біля 80 атомів ртуті як найближчих сусідів. Таке значення координаційного числа неймовірно на віддалі 3 Å.

Подібні значення координаційних чисел одержуються і в випадку решти концентрацій, якщо допустити, що амальгами цинку відносяться до групи рідких розчинів, компоненти яких утворюють хімічні сполуки.

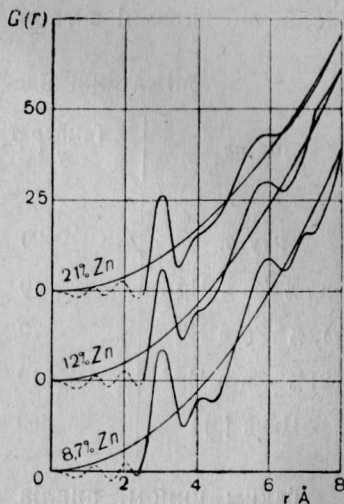


Рис. 3.

Якщо ж при розшифровці першого максимуму кривої радіального розподілу розчину виходити із припущення про статистичний розподіл атомів різного сорту, то в цьому випадку площа під максимумом дорівнює [9]:

$$\left( \frac{n_1 f_1 + n_2 f_2}{f_1 f_2} \right)_{cp} \int 4\pi r^2 \rho(r) dr,$$

де  $\rho(r)$  — густина атомів першого і другого сортів на віддалі  $r$  від довільно обраного атома.

Застосовуючи цю формулу при розшифровці площі під першим максимумом на кривих атомного розподілу розчинів 8,7% Zn, 12% Zn та 21% Zn у ртуті, одержимо координаційні числа, що вказані в табл. 2.

Таблиця 2.

Міжатомні віддалі та координаційні числа

Метал	Температура у °C	$r$ , у Å	Координаційні числа
Ртуть	20	3,12	8,0
8,7% Zn в Hg	70	3,02	8,4
12% Zn в Hg	70	3,00	8,6
21% Zn в Hg	110	3,00	8,9
Цинк [6]	460	2,94	10,8

Таким чином, аналіз дифракційної картини, що спостерігається при розсіюванні рентгенівських променів рідкими амальгамами цинку, приводить до висновку, що останні відносяться до групи фізичних розчинів, тобто до групи таких розчинів, у яких міжатомні сили такі, що комбінації однойменних і різнойменних атомів виявляються рівноцінними та  $U_{12} = \frac{1}{2} (U_{11} + U_{22})$ , де  $U$  — енергія зв'язку атомів.

До цього ж висновку, як відмічалось вище, приводить і аналіз фізико-хімічних властивостей цих розчинів [2].

На закінчення вважаємо своїм приємним обов'язком висловити подяку професорові О. З. Голику за постійне керівництво та участь в обговоренні одержаних результатів роботи.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. В. И. Данилов, Строение и кристаллизация жидкости, Киев, 1956.
2. О. З. Голик, «Наукові записки КДУ», т. 14, вип. 8, 1955.
3. М. Хансен, Структуры бинарных сплавов, т. II, Металлургиздат, 1941.

4. Д. Н. Карликов, А. Ф. Скришевський і Д. П. Карликова, «Наукові записки КДПІ», вип. 2, 1957.
  5. А. Ф. Скришевський, Д. Н. Карликов і Д. П. Карликова, «Український фізичний журнал», 1957, № 2.
  6. С. Gamertsfelder, J. Chem. Phys., 9 450 (1941).
  7. А. С. Лашко, «Вопросы физики металлов и металловедения», 1955, № 6.
  8. О. С. Лашко, «Доповіди АН УРСР», 1953, № 3, 150.
  9. А. С. Лашко, «Вопросы физики металлов и металловедения», 1957, № 8.
-