**Урок фізики у 10 класі.**

**Тема.** **Парова машина. Парові та газові турбіни.**

**Мета:** закріпити знання про двигуни внутрішнього згоряння, розширити уявлення про будову та роботу парових та газових турбін, сприяти розвитку логічного мислення, фізичної мови учнів, виховувати вміння самостійно мислити, активно аналізувати свій вибір.

**Обладнання:** установка для демонстрації роботи парової турбіни, модель парової машини, модель чотирициліндрового двигуна, постійно діючий стенд «Ми вивчаємо», кольорові кружечки для фізичної розминки, електронний варіант: додатки, відеофрагменти «Робота парової машини Ватта», «Газова турбіна», кросворд «Теплові явища. Підсумковий», комп’ютер, проектор, екран.

**Хід уроку.**

**Учитель.**

Нагадуємо, що дана тема є однією із заключних в розділі «Основи термодинаміки». Її вивчення спирається на знання наступного матеріалу: «Енергія палива», «Теплові двигуни», (8 кл.); «Механічна робота», «Перший закон термодинаміки" (10 кл.).

**Актуалізація опорних знань та чуттєвого досвіду.**

**Фізична розминка.** Вчитель вибірково роздає учням (або учні самі вибирають) кольорові кружечки з написаним на звороті терміном, учні розповідають все, що знають про цей термін. Варіанти: назва фізичної величини, одиниці її вимірювання в СІ та похідні, формула для обчислення та прилад для вимірювання, механізм чи його частина, вчений та його внесок у розвиток фізики тощо.

**Перевірка домашнього завдання.**

[Додаток 1. Експрес - контроль. 10 клас. Робота 32. Теплові двигуни. Варіанти 1,2..bmp](Додаток%201.%20Експрес%20-%20контроль.%2010%20клас.%20Робота%2032.%20Теплові%20двигуни.%20Варіанти%201,2..bmp) Завдання проектуються на екран. Перші три завдання виконуються усно, розв’язки четвертих і п'ятих завдань четверо учнів записують і пояснюють на дошці.

Додаткове опитування по роботі чотирициліндрового ДВЗ:

* призначення кілець на поршнях;
* роль ексцентриків на газорозподільчому валу;
* що регулює подачу іскри на циліндри?

**Мотивація навчальної діяльності учнів.**

Г'

*А*

**Учитель.**

Зверніть увагу на стенд, [Додаток 2. Ми вивчаємо.bmp](Додаток%202.%20Ми%20вивчаємо.bmp) де ви знайдете інформацію про те, що ви повинні знати і вміти з теми, що вивчається. А саме: різні види теплових двигунів, їх порівняльні характеристики.

Визначаємо разом з учнями особистісно - значущі цілі діяльності на уроці, тобто що може дати дана тема учню зараз, по закінченні вивчення теми, в кінці семестру, у майбутньому житті. Знайомимо учнів з показниками досягнення поставлених цілей - знаннями, уявленнями, способами діяльності, тобто що учні мають знати і вміти згідно програми.

**Етап проектування уроку**

На початку вивчення теми клас був поділений на групи, які отримали випереджаючі завдання по підготовці демонстрацій, доповідей, презентацій чи пояснення відеофрагментів з наступних тем:

1. Карбюраторний ДВЗ.
2. Дизельний ДВЗ.
3. Парова машина.
4. Парова та газова турбіна.
5. Реактивні двигуни.

Перші два пункти ми вивчили на минулому уроці. Сьогодні ми розглянемо наступні два. Як і минулого разу групам надається право вибору своєї діяльності: усно чи письмово; індивідуально чи з допомогою групи; подання основних положень чи розгорнута доповідь; в узагальненому вигляді чи на конкретних прикладах. Групи самі обрали і спосіб подання своєї інформації: схеми, таблиці, досліди, пояснення на моделі, план, опорний конспект тощо.

**Реалізація плану діяльності**

Слухаємо доповіді учнів.

1. **Тема «Парова машина».**

**Парова машина** - [Додаток 3. Парова машина Джеймса Ватта.jpg](Додаток%203.%20Парова%20машина%20Джеймса%20Ватта.jpg) тепловий поршневий [двигун зовнішнього згоряння](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D1%83%D0%BD_%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D1%96%D1%88%D0%BD%D1%8C%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B7%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8F), в якому [потенціальна енергія](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%96%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D1%96%D1%8F) водяної [пари](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%B0), котра надходить під [тиском](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B8%D1%81%D0%BA) з [парового котла](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BB), перетворюється в [механічну роботу](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0) при зворотно - поступальному русі [поршня](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%80%D1%88%D0%B5%D0%BD%D1%8C), який через механічні [ланки](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D0%B0_(%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D1%96%D0%B7%D0%BC)) надає [обертального руху](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D1%83%D1%85) вихідному [валу](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B0%D0%BB_(%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0)). У ширшому розумінні, парова машина - всякий тепловий двигун, який перетворює енергію пари в [механічну роботу](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0" \o "Механічна робота).

Розкриття теми учні починають демонстрацією моделі парової машини, поясненням відеофрагмента про роботу парової машини Ватта. [Робота парової машини Ватта.wmv](Робота%20парової%20машини%20Ватта.wmv) (при відтворенні натиснути «Повторення»).

Успіхи парової техніки та позв’язані з нею теоретичні роботи стали однією з основних умов відкриття закону збереження та перетворення енергії. «Парова епопея» дуже цікава. Ось лише деякі факти.

 Перші відомості про парову машину з’явилися ще за часів Герона Александрійського

[Додаток 4. Парова машина Герона Александрійського.jpg](Додаток%204.%20Парова%20машина%20Герона%20Александрійського.jpg) Значно пізніше бурхливого розвитку парова техніка зазнала завдяки винаходам Ватта. [Парові машини](Парові%20машини) (перегляд в режимі слайдів). Після винайдення парової машини природним було бажання пристосувати її для руху транспорту. Патент на паровий човен був виданий у 1736 році (Гульс). У 1807 році на річці Гудзон в Америці пішов перший пароплав Фултона «Клермонт». У Європі це відбулося в 1812 році. Після відкриття шведом Еріксоном у 1839 році гвинта колесні пароплави стали витіснятися гвинтовими.

Сучасний туристичний паровий катер [Додаток 5. Сучасний туристичний паровий катер.jpg](Додаток%205.%20Сучасний%20туристичний%20паровий%20катер.jpg)

Складніше розв’язувалась задача використання пари на сухопутному транспорті. У 1770 році з’явився перший паровий візок, який всупереч думкам скептиків рухався, але був важкокерованим і потерпів аварію.

Перший паровоз був побудований Річардом Тревітіком у 1804р. і рухався по гладенькій колії. Перша залізнична лінія з’явилась в Англії в 1825 році, на ній крім паровоза Стефенсона використовувалась кінська тяга. У 1830 році залізниця запрацювала між Манчестером і Ліверпулем і «Ракета» Стефенсона розвивала на ній швидкість до 35 миль на годину.

У 1832 році була побудована залізниця у Франції, у 1835 році – у Німеччині.

У Росії перший паровоз побудований батьком та сином Черепановими у 1834 році, він працював на залізниці в 400 саженей між рудником біля гори Високої та мідеплавильним заводом уральського промисловця Демидова в Нижньому Тагілі. «Сухопутний пароход» Черепанових розвивав швидкість до 15 км/год і перевозив вантаж до 3,5 тони.

У 1837 році була відкрита залізниця між Петербургом та Царським Селом.

Будівництво залізниць в Україні в ІХ ст. [Додаток 6. Будівництво залізниць в Україні, ІХст..docx](Додаток%206.%20Будівництво%20залізниць%20в%20Україні,%20ІХст..docx)

Початок ХХ ст. У 1909 року, [ескізний проект](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D1%81%D0%BA%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82) паровоза типу 0-5-0 був складений начальником служби тяги [Владикавказької залізни](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%BE-%D0%9A%D0%B0%D0%B2%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%B7%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%8F)чної дороги М. Є. Правдосудовічем та завідувачем технічним бюро цієї служби [В. І. Лопушинським](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9B%D0%BE%D0%BF%D1%83%D1%88%D0%B8%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%92%D0%B0%D1%86%D0%BB%D0%B0%D0%B2_%D0%86%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87&action=edit&redlink=1). Паровоз типу 0-5-0, призначався для вантажної служби і мав двоциліндрову парову машину простої дії, діаметр циліндрів 590 мм, хід поршня 700 мм, діаметр рушійних коліс 1300 мм. Передбачалося, що проектований паровоз типу 0-5-0 зможе добре вписуватися в криві радіусом 160 метрів.

Проект був направлений в Міністерство шляхів сполучення для отримання дозволу на будівництво. Після затвердження Міністром шляхів сполучення рішення комісії паровоз типу 0-5-0 отримав право на існування. На замовлення Владикавкаької залізниці, ескізний проект паровоза був направлений на [Луганський паровозобудівний завод](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%83%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B7%D0%BE%D0%B1%D1%83%D0%B4%D1%96%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B7%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D0%B4" \o "Луганський тепловозобудівний завод) для розробки на його основі [робочого](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%87%D0%B0_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F) проекту і серійного будівництва.

Внаслідок творчої переробки ескізного проекту типу 0-5-0, розробленого Вацлавом Лопушинський та фахівцями [Луганського заводу](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%83%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B7%D0%BE%D0%B1%D1%83%D0%B4%D1%96%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B7%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D0%B4" \o "Луганський тепловозобудівний завод), в умовах вкрай критичного ставлення до проекту з боку МШС, був створений найбільш вдалий вантажний паровоз дореволюційної побудови, найбільш пристосований для умов експлуатації на всій мережі доріг Російської імперії, один із найнадійніших паровозів у світі. У 1912 році Луганський паровозобудівний завод випустив перші 15 паровозів, замовлених Владикавказькою залізницею.

1. **Тема «Парова та газова турбіна».**

Після демонстрації роботи парової турбіни на моделі учні подають

наступну інформацію.

Парові турбіни працюють на багаторазовому повторенні циклу з однією і тією ж робочою речовиною. Вода в котлі, нагріваючись, перетворюється в пару, яка після перегрівання подається на лопаті турбіни. На валу турбіни встановлюють механізм, який при обертанні і виконує свою роботу. [Додаток 7. Парова турбіна.jpg](Додаток%207.%20Парова%20турбіна.jpg) (пояснення учнів про будову, цикл роботи та використання парової турбіни на ТЕС).

До позитивних якостей парових турбін відносяться їх швидкохідність, компактність, значна потужність. До недоліків – неможливість регулювання у широких межах швидкості обертання, відсутність зворотного ходу та необхідність значного часу для запуску та зупинки.

З метою політехнічного навчання учні надають таку інформацію.

Більш перспективним двигуном, порівняно з паровою турбіною, є газова турбіна, [Додаток 8. Газова турбіна.jpg](Додаток%208.%20Газова%20турбіна.jpg) де робочим тілом є дуже нагрітий газ, температура якого значно вища температури пари. Тому ККД останніх зразків газових турбін може досягати 60 – 65%. Перевагою їх є також те, що для них не потрібна матеріалоємна котельня. Тому вони можуть використовуватись не тільки на електростанціях, а й на транспорті та в авіації. Цікаво, що цикл роботи газової турбіни схожий на цикл дизельного двигуна. Але якщо в останньому окремі такти відбуваються послідовно один за другим, то в газовій турбіні – неперервно і одночасно, тільки в різних частинах турбіни: стиск – в компресорі, горіння – в камері згоряння, розширення – на лопатях турбіни та випуск – із сопла вихідного каналу.

Закріплення проводимо при перегляді відеофрагментів [Робота парової машини Ньюкомена.wmv](Робота%20парової%20машини%20Ньюкомена.wmv), [Газова турбіна.wmv](Газова%20турбіна.wmv) (з питаннями на закріплення).

**Підсумки уроку. Рефлексія.**

Учні дають відповіді на питання. Інтерактивна вправа „Мікрофон”

* Що ми розглядали сьогодні на уроці?
* Чи досягли очікуваного результату?
* Що вам найбільше запам’яталось?

**Домашнє завдання.**

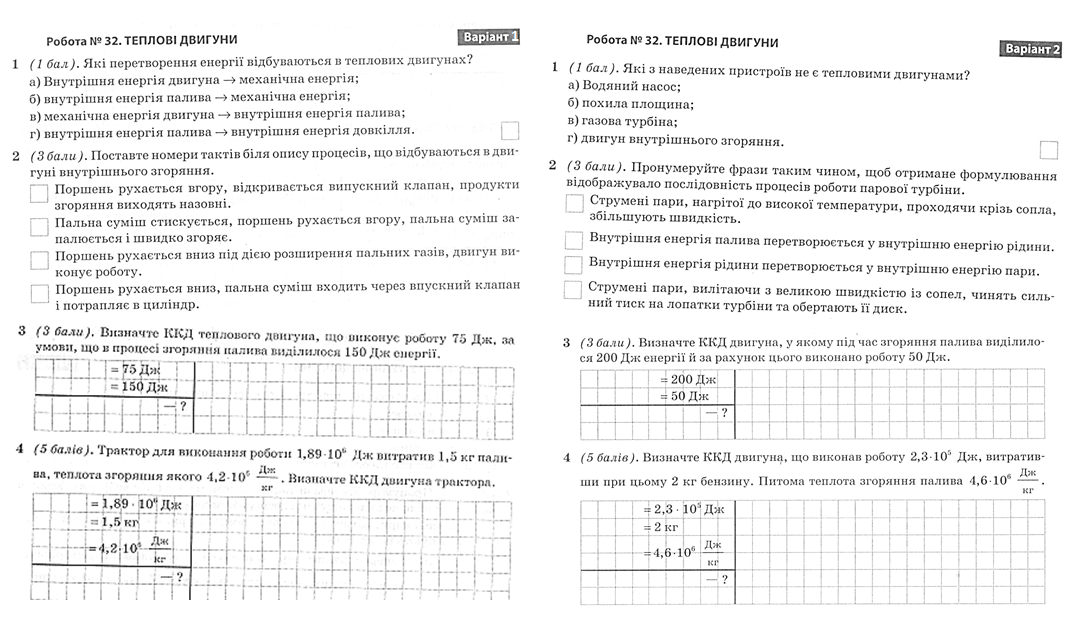
Вчити §61.

Підготувати інформацію про реактивні двигуни.

Продумати питання про проблеми пошуку і використання нових екологічно чистих джерел енергії: енергія сонця, вітру, хвиль, геотермальних вод тощо.

**Додаток 1**

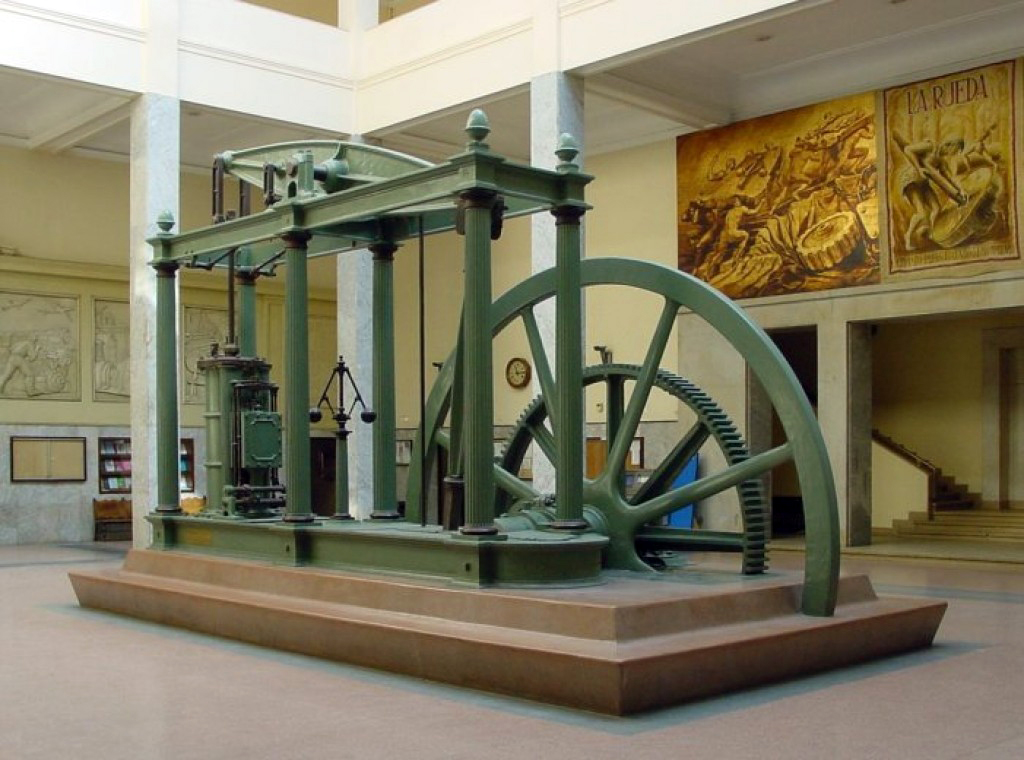
**Перевірка домашнього завдання**

****

**Додаток 2**

****

**Додаток 3**

****

**Додаток 4**

****

**Додаток 5**

****

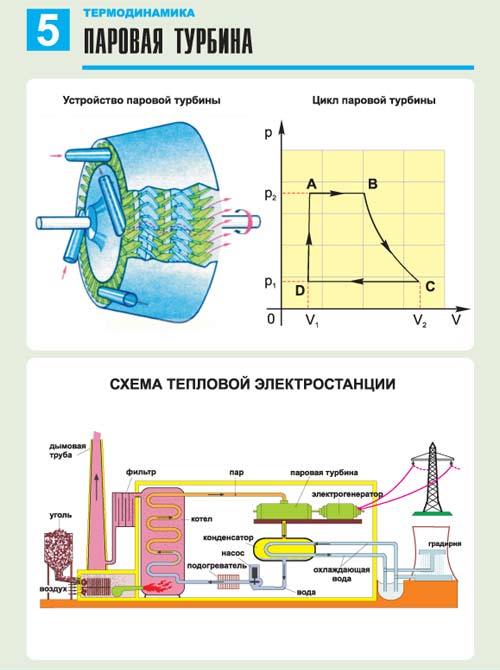
**Додаток 6**

**Будівництво залізниць в Україні, ІХ ст.**

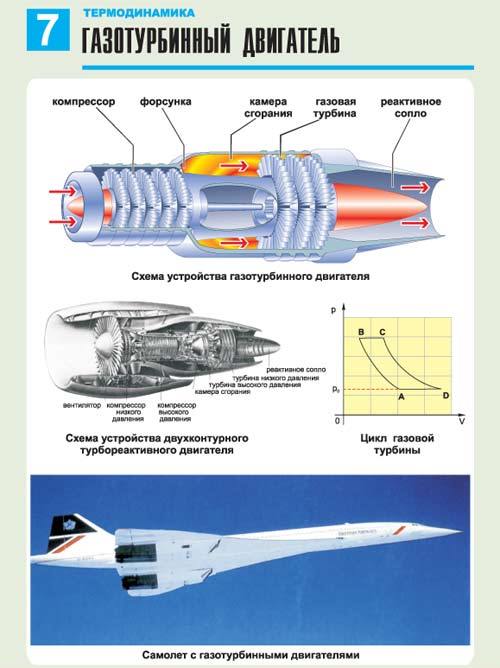
На території України перші [залізничні колії](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D1%96%D1%8F) були прокладені в середині та другій половині ІХст., на кінець ІХ ст. припадає найбільш активний період будівництва залізниць:

* 1840 рік — утворений план в [Австро-Угорській імперії](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE-%D0%A3%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D1%96%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%96%D1%8F) [«Галицька залізниця імені Карла Людвіга»](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%86%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%B7%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%8F_%D1%96%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%96_%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%BB%D0%B0_%D0%9B%D1%8E%D0%B4%D0%B2%D1%96%D0%B3%D0%B0) з основною лінією [«Бохня](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D1%85%D0%BD%D1%8F) — [Дембиця](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B5%D0%BC%D0%B1%D0%B8%D1%86%D1%8F" \o "Дембиця) — [Ряшів](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D1%8F%D1%88%D1%96%D0%B2" \o "Ряшів) — [Переворськ](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D1%80%D1%81%D1%8C%D0%BA" \o "Переворськ) — [Перемишль](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B8%D1%88%D0%BB%D1%8C" \o "Перемишль) — [Львів»](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%8C%D0%B2%D1%96%D0%B2" \o "Львів);
* 1843 рік — [Інкерманська залізниця](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D0%BA%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%B7%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%8F" \o "Інкерманська залізниця) в [Російській імперії](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B9%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D1%96%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%96%D1%8F" \o "Російська імперія);
* 1855 рік — [Балаклавська залізниця](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B0%D0%BB%D0%B0%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%B7%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%8F" \o "Балаклавська залізниця);
* 1861 рік — [Львів](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%8C%D0%B2%D1%96%D0%B2" \o "Львів)—[Перемишль](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B8%D1%88%D0%BB%D1%8C" \o "Перемишль);
* 1865 рік — [Одеса](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B4%D0%B5%D1%81%D0%B0)—[Балта](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B0%D0%BB%D1%82%D0%B0);
* 1866 рік — [Львів](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%8C%D0%B2%D1%96%D0%B2" \o "Львів)—[Чернівці](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%96%D0%B2%D1%86%D1%96" \o "Чернівці)—[Ясси](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D1%81%D1%81%D0%B8" \o "Ясси);
* 1867—69 роки — Балта — Ольвіопіль — Єлисаветград — Крюків;
* 1868 рік — [Курськ](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%83%D1%80%D1%81%D1%8C%D0%BA" \o "Курськ)—[Бровари](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B8" \o "Бровари);
* 1868-70 роки — Курськ - Ворожба - Київ - Жмеринка (з відгалуженням від Козятина до Бердичева)- Бірзула;
* 1869 рік — Курськ - Харків - Ростов;
* 1869-71 роки - Львів - Красне - Тернопіль - Підволочиськ (з відгалуженням від Красного до Бродів);
* 1870-71 роки — Кременчук - Полтава - Харків;
* 1871 рік — Жмеринка - Волочиськ;
* 1872 рік - Ужгород - Чоп - Батьово - Сігет (з відгалуженнями до Мукачева та Сату-Маре);
* 1872 рік - Стрий - Хирів - Перемишль (з відгалуженням до Сянока);
* 1873 рік - Львів - Стрий;
* 1873 рік — Бердичів - Здолбунів (з відгалуженням до Радзивилова) - Рівне - Брест;
* 1873 рік — Знам'янка - Миколаїв;
* 1873 рік — Лозова - Олександрівськ та Синельникове - Катеринослав;
* 1874 рік — Гомель - Бахмач - Ромни;
* 1874 рік — Олександрівськ - Сімферополь;
* 1875 рік — Сімферополь - Севастополь;
* 1875 рік - Стрий - Станіславів (з гілкою від Долини до Вигоди);
* 1876 рік — [Фастів](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%96%D0%B2" \o "Фастів) - Бобринська (з відгалуженням до Черкас) - Знам'янка;
* 1877 рік — Новоолексіївка - Генічеськ;
* 1877 рік — Ковель - Холм
* 1878 рік — Мерефа - Ворожба;
* 1878 рік — Краматорськ - Луганськ;
* 1879 рік — Хацапетівка - Ясинувата;
* 1879 рік — Попасна - Лисичанськ;
* 1879 рік — Рені - Бендери;
* 1882 рік — Оленівка - Маріуполь;
* 1884 рік — Долинська - Нижньодніпровськ;
* 1884 рік — Синельникове - Ясинувата (з гілкою до Юзівки);
* 1884 рік - Станіславів - Гусятин;
* 1885 рік — Лунинець - Рівне;
* 1885 рік — Низківка - Корюківка;
* 1885-87 роки - Стрий - Мукачеве;
* 1887 рік - Львів - Сокаль та Рава-Руська - Сокаль;
* 1887 рік — Кременчук - Лохвиця;
* 1888 рік — Лохвиця - Ромни;
* 1889-91 роки — Вапнярка - Демківка (з гілкою до Тростянця) - Христинівка - Шпола та Козятин - Христинівка - Умань;
* 1889 рік - Кринична - Ханженкове;
* 1890 рік - Ківерці - Луцьк;
* 1891 рік - Станіславів - Вороненко;
* 1892 рік — Джанкой - Феодосія;
* 1892 рік — Жмеринка - Могилів
* 1892 рік - Слобідка - Рибниця;
* 1893 рік — Конотоп - Шостка - Пирогівка;
* 1893 рік — Крути - Чернігів та Крути - Пирятин (вузькоколійна);
* 1893 рік - Ноовселиця - Сокиряни;
* 1893 рік - Ясіня - Сігет;
* 1893 рік - Ужгород - Великий Березний;
* 1894 рік - Слов'янськ - Слов'янськ Мінеральні Води;
* 1895 рік — відкриття місцевих гілок до Гадяча, Охтирки, Лебедина;
* 1895 рік - Хутір-Михайлівський - Ворожба;
* 1895-96 роки - Куп'янськ - Лисичанськ;
* 1895 рік - Харків - Тополі;
* 1896 рік — гілка на Кременець;
* 1896 рік — [Бердичів](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D1%80%D0%B4%D0%B8%D1%87%D1%96%D0%B2" \o "Бердичів) — [Житомир](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%80) (вузькоколійна);
* 1896 рік - Тернопіль - Копичинці;
* 1896-97 роки — [Полтава](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%B0) — Катериноград;
* 1897 рік - Пирятин - Красне;
* 1897 рік - Ходорів - Підвисоке;
* 1898 рік - Біла-Чортківська - Лужани та Вигнанка - Іване-Пусте (з гілкою до Скали-Подільської);
* 1898 рік - Великі Бірки - Гримайлів;
* 1898-99 роки - Бердянськ - Чаплине (з гілкою до Верхнього Токмака);
* 1899 рік - Рудниця - Підгородна (з відгалуженням від Гайворона до Зятківців).

**Додаток 7**

****

**Додаток 8**

****

**Література**

1. В.Сиротюк, В.Баштовий. Фізика, 10. – К.: Освіта, 2010.
2. «Методические рекомендации по изучению молекулярной физики в 10классе», Південно – український інститут післядипломної освіти педагогічних кадрів. Херсон, 1995.
3. Л. Сапожніков. «Силуети винахідників». – К.: Веселка, 1987.
4. Н.В. Крамаренко, Л.М. Назаренко. «Фізика. 10 – 11 класи. Академічний рівень». Експрес –контроль. – Х.: Ранок, 2013.
5. В.Г. Довгий. «Фізика в кросвордах. 8 клас». Тернопіль.: Мандрівець, 2003.