

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА  
КАФЕДРА ПРОГРАМНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

---

**до лабораторної роботи № 1 з дисципліни «Віртуальна реальність»  
для студентів напряму підготовки “Інженерія програмного забезпечення”**

**Львів 2025**

# Лабораторна робота №1

---

## Тема

---

Основи роботи з WebXR -- API доповненої реальності на веб платформі.

## Мета роботи

---

Налаштувати середовище розробки для роботи з веб API доповненої реальності, ознайомитись з інструментами веб-розробки, Typescript, Three.js, WebXR API, імплементувати створення простого 3D об'єкту в WebXR, налаштувати remote debugging для мобільного пристрою.

## Завдання до лабораторної роботи №1

---

1. Налаштувати середовище розробки Cursor та інструменти для роботи з Node.js (NVM, PNPM).
2. Встановити та налаштувати ngrok для створення HTTPS ендпойнту.
3. Створити базовий веб-проект з використанням Three.js та WebXR API.
4. Імплементувати відображення простого 3D об'єкту в середовищі доповненої реальності.
5. Дослідити базові методи і функції WebXR API.
6. Налаштувати remote debugging для тестування на мобільному пристрої.

## Теоретичні відомості

---

WebXR є веб-стандартом, який надає API для створення віртуальної (VR) та доповненої (AR) реальності у веб-браузерах. Цей інтерфейс дозволяє розробникам створювати імерсивний контент, доступний через веб-браузер без необхідності встановлення додаткових додатків.

## Основні компоненти WebXR

### 1. WebXR Device API

- Забезпечує доступ до VR/AR пристроїв
- Керує сесіями та просторовим відстеженням
- Обробляє введення від контролерів

### 2. Three.js інтеграція

- Популярна JavaScript бібліотека для 3D графіки
- Спрощує створення та рендеринг 3D об'єктів
- Надає готові компоненти для роботи з WebXR

## Технічні вимоги

### 1. Для розробки:

- Сучасний веб-браузер з підтримкою WebXR
- Node.js та пакетний менеджер (npm/pnpm)
- Інструменти збірки (наприклад, esbuild)
- HTTPS з'єднання (необхідне для WebXR)

### 2. Для мобільних пристроїв:

- Android 8.0 або новіше
- ARCore-сумісний пристрій
- Chrome 79+ або інший сумісний браузер

## WebXR та ARCore

WebXR Device API ([MDN Documentation](#)) надає стандартизований інтерфейс для доступу до VR та AR функціональності через веб-браузер. На Android пристроях WebXR працює поверх ARCore ([Google ARCore Documentation](#)) - платформи Google для створення AR досвіду.

ARCore забезпечує основні можливості, необхідні для AR:

- Відстеження руху (motion tracking) - дозволяє телефону розуміти своє положення відносно світу
- Розуміння навколишнього середовища (environmental understanding) - виявлення розміру та розташування поверхонь
- Оцінка освітлення (light estimation) - дозволяє правильно освітлювати віртуальні об'єкти

WebXR використовує ці можливості ARCore через абстрактний шар, що дозволяє писати крос-платформний код. Коли ви використовуєте WebXR API на Android пристрої, браузер автоматично взаємодіє з ARCore для забезпечення AR функціональності.

## Особливості розробки з WebXR

При розробці WebXR додатків важливо враховувати:

### 1. Безпека та дозволи

- WebXR вимагає HTTPS з'єднання
- Користувач повинен явно надати дозвіл на доступ до камери
- Сесія AR починається тільки після взаємодії користувача (наприклад, натискання кнопки)

### 2. Життєвий цикл AR сесії

- Перевірка підтримки AR функціональності
- Ініціалізація сесії
- Обробка подій входу/виходу з сесії
- Коректне завершення сесії

### 3. Оптимізація продуктивності

- Мінімізація використання ресурсів
- Ефективне управління 3D об'єктами
- Правильна обробка втрати відстеження

Детальніше про розробку можна дізнатись у:

- [WebXR Samples](#)
- [Google ARCore WebXR](#)
- [Three.js WebXR Documentation](#)

## Хід роботи

---

### 1. Необхідні інструменти розробки

1.1. Установити середовище розробки Cursor: <https://www.cursor.com/>

1.2. Для управління версіями Node.js -- Установити NVM: <https://github.com/nvm-sh/nvm>

1.2.1 Версія Node.js для виконання лабораторних робіт - LTS 22.13.1.

1.2.2 У випадку проблеми зі зміною версії Node.js за допомогою NVM, наприклад неможливості перейти з system на LTS, реініціалізацію можна виконати наступним чином:

```
nvm deactivate && nvm unload && source ~/.nvm/nvm.sh && nvm use --lts
```

1.3. Установити Node.js, останню LTS версію, за допомогою NVM.

```
nvm install --lts  
nvm use --lts
```

1.4. Для управління Node.js залежностями в проекті -- Установити PNPM: <https://www.npmjs.com/get-npm>

1.4.1. Варіант 1. Використовувати corepack для встановлення PNPM.

```
npm install --global corepack@latest  
corepack enable pnpm
```

1.4.2. Варіант 2. Використовувати npm для встановлення PNPM.

```
npm install -g pnpm
```

1.5. Для створення HTTPS ендпоинту онлайн -- зареєструватись в сервісі ngrok та встановити ngrok CLI: <https://ngrok.com/>

```
curl -sSL https://ngrok-agent.s3.amazonaws.com/ngrok.asc \
| sudo tee /etc/apt/trusted.gpg.d/ngrok.asc >/dev/null \
&& echo "deb https://ngrok-agent.s3.amazonaws.com buster main" \
| sudo tee /etc/apt/sources.list.d/ngrok.list \
&& sudo apt update \
&& sudo apt install ngrok

ngrok config add-authtoken <YOUR_AUTH_TOKEN>
# Test ngrok
ngrok http localhost:3000
```

1.6 Склонувати локально цей репозиторій і відкрити в Cursor перше завдання ЛР-01-01 `ar-practice-2025/lab-2025-01-01` .

## 2. Нотатки до виконання.

2.1. NVM - Node Version Manager, підсистема для управління версіями Node.js. NVM необхідно для того, щоб можна було легко перемикатися між різними версіями Node.js. В рамках цього та інших курсів та лабораторних робіт може виникнути потреба мати доступ до різних версій Node.js. NVM дозволяє легко перемикаватися між різними версіями рантайму. Наша робоча версія Node.js в рамках цього курсу - LTS 22.13.1.

2.2. PNPM - це аналог npm, ефективний пакет-менеджер, який використовується для управління залежностями в проектах. PNPM є альтернативою npm, яка має більш швидкі та ефективні алгоритми для керування залежностями. За бажанням можна використовувати інші пакет-менеджери, такі як Yarn, npm, vite тощо, але методичні вказівки та завдання будуть розроблені з урахуванням PNPM.

2.3. Cursor - це IDE, яка інтегрує VSCode та AI, і дозволяє використовувати промпти штучного інтелекту для написання коду. Cursor є альтернативою VSCode, методичні вказівки не роблять особливих вимог до використання Cursor, але він може бути корисним для написання коду. Як альтернатива може використовуватись VSCode.

## 3. Виконання завдання.

3.1. Відкрити в Cursor проект `ar-practice-2025/lab-2025-01-01` .

Ця директорія має бути робочою для наступних команд, якщо не вказано інше.

3.2. Переконайтесь, що версії інструментів встановлені і відповідають очікуваням. В терміналі виконати команди:

```
# Node.js
node --version
# v22.13.1
# У випадку проблеми з версією:
npm install --lts
npm use --lts

# PNPM
pnpm --version
# v10.2.1
```

```
# У випадку проблеми з версією:
```

```
corepack enable pnpm
```

```
corepack use pnpm@latest-10
```

### 3.3. Команди в п 3.2. прописують в файлі конфігурації проекту ( `package.json` ) версію пакетного менеджера (ми використовуємо PNPM).

Також в файлі конфігурації прописані всі залежності, які потрібно встановити для розробки проекту. Залежності встановлюються командою `pnpm install`. Існують залежності часу виконання, які потрібні для production версії проекту, тобто для виконання коду проекту, і залежності часу розробки, які потрібні тільки для розробки проекту. Приклад залежностей часу розробки -- це Typescript компілятор, який транслює код з Typescript в JavaScript що виконується в браузері (і тому Typescript не потрібний для виконання коду проекту), і декларації типів для TypeScript, які потрібні для правильної компіляції коду і також не використовуються в готовому скомпільованому коді.

Слід відкрити файл `package.json` і переконатись, що corepack коректно встановив `"packageManager"` та що ми маємо в залежностях часу розробки правильну версію TypeScript `"devDependencies"` - `"typescript"`:

```
1 {
2   "name": "webxr-project",
3   "version": "1.0.0",
4   "description": "WebXR demo project",
5   "scripts": {
6     "start": "",
7     "build": ""
8   },
9   "devDependencies": {
10    "typescript": "^5.3.3"
11  },
12  "packageManager": "pnpm@10.2.1+sha512.398035c7bd696d0ba0b10a688ed558285329c",
13  "dependencies": {
14  }
15 }
```

### 3.4. Відкрити файл `main.ts` і переконатись, що він не містить помилок.

3.4.1. Перша помилка, яку ви маєте побачити -- це помилка з імпортом Three.js:

```
! convert-to-pdf.yml lab-2025-01.md M TS main.ts 8, M X {}
ar-practice-2025 > lab-2025-01-01 > TS main.ts > activateXR
You, 3 minutes ago | 1 author (You)
1 import * as THREE from 'three';
2
3 const MODE = 'immersive-ar';
4
```

Вирішить проблеми з імпортом і типізацією Three.js та WebXR API. Встановіть наступні залежності:

```
pnpm install three@0.172.0
```

```
pnpm install -D @types/three@0.172.0
```

```
pnpm install -D @types/webxr
```

### 3.5. Встановити залежності для запуску проекту.

В роботі використовуються наступні команди, які треба запускати в терміналі, знаходячись в робочій директорії проекту, `ar-practice-2025/lab-2025-01-01`.

Зараз вони наведені тут просто для ознайомлення, запускати їх не потрібно.

```
pnpm run start # запуск проекту для розробки з перебудуванням при зміні файлів
pnpm run build # білд проекту
```

Необхідно інсталювати залежності `esbuild` та `serve` для того, щоб робити білд проекту та запустити локальний сервер для розробки та відлагодження:

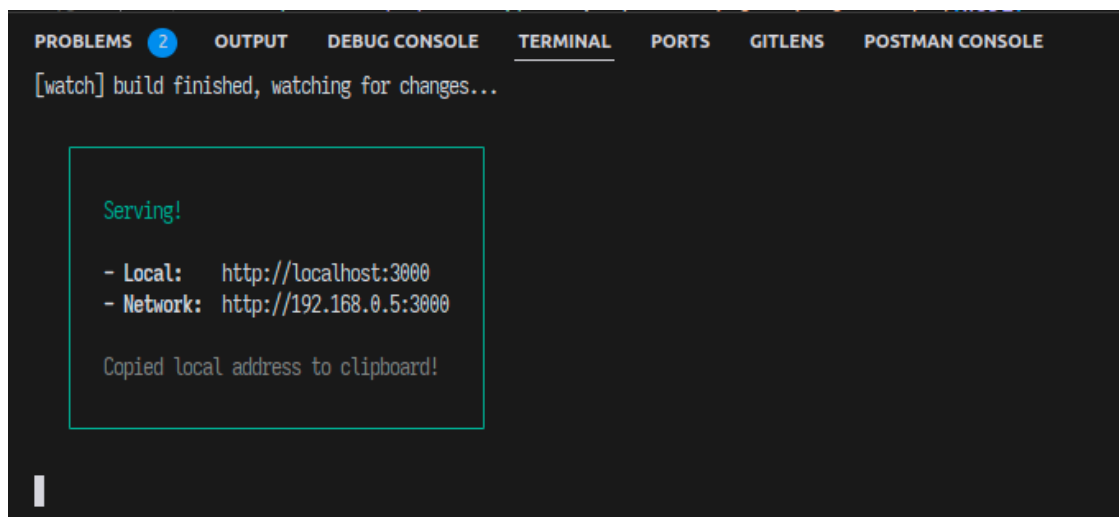
```
pnpm install -D esbuild serve
```

Перевірте, чи працює команда `pnpm run start`. Успішне виконання команди має відкрити локальний сервер на порту 3000.

- Увага! Команди треба виконувати в терміналі, знаходячись в робочій директорії проекту, `ar-practice-2025/lab-2025-01-01`.

```
pnpm run start
```

Успішне виконання команди має відкрити локальний сервер на порту 3000. Оскільки проект ще треба імплементувати, команда може не працювати і видати помилку, на цьому кроці це нормально.



### 3.6. Використати ngrok для створення HTTPS ендпойнту, доступного з мобільного пристрою.

```
ngrok http http://localhost:3000
```

Команда повинна відкрити ендпоінт, який можна буде використовувати для доступу до проекту з мобільного пристрою.

```
ngrok

📞 Found a bug? Let us know: https://github.com/ngrok/ngrok

Session Status      online
Account             bauskas@gmail.com (Plan: Free)
Version             3.19.1
Region              Europe (eu)
Latency              22ms
Web Interface        http://127.0.0.1:4040
Forwarding           https://a952-92-253-236-134.ngrok-free.app -> http://localhost:3000

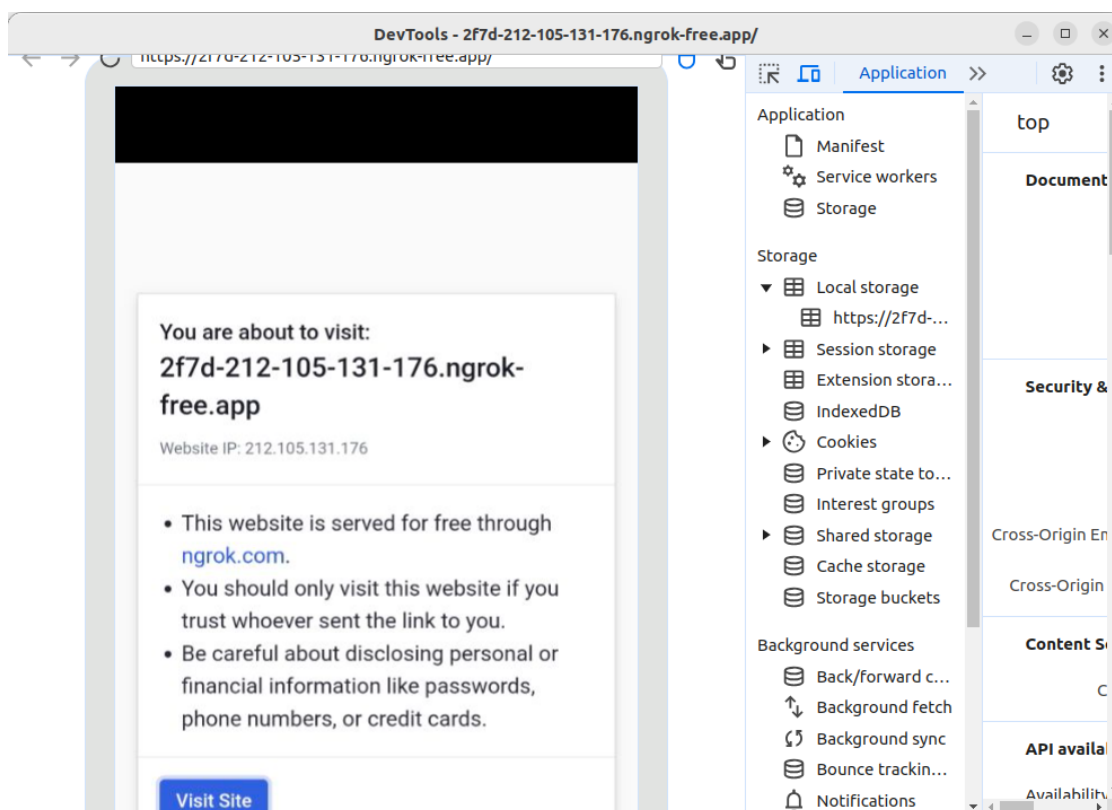
Connections          ttl    opn    rt1    rt5    p50    p90
                    2      0      0.03   0.01   6.14   6.28

HTTP Requests
-----
01:46:01.837 EET GET /favicon.ico          404 Not Found
01:46:01.661 EET GET /dist/main.js         200 OK
01:46:01.872 EET GET /dist/main.js         200 OK
01:46:01.559 EET GET /                     200 OK
```

На скріншоті вище показано, що ngrok відкрив ендпоінт (строка `https://a952-92-253-236-134.ngrok-free.app` після слова `Forwarding` ). Скопіюйте цю строку в браузер. Зараз проект ще не в робочому стані, але після виконання роботи за цією адресою буде доступний доступ до працюючого локально сервера з вашого мобільного пристрою.

### 3.7. Відкрити ендпоінт в браузері на мобільному пристрої

3.7.1 Відкрити отриманий вище від ngrok HTTPS ендпоінт в браузері на мобільному пристрої і переконатись, що він відкривається.





Зараз, оскільки проект ще не в робочому стані, треба просто переконатись що сторінка як на скріншоті вище відкривається.

### 3.8. Імплементувати створення простого 3D об'єкту в WebXR.

3.8.1. Дослідіть приклад створення простого 3D об'єкту в WebXR в документації. Задача Лабораторної роботи -- відтворити приклад з документації до розділу "Run Hello WebXR", на який подано посилання нижче.

[https://developers.google.com/ar/develop/webxr/hello-webxr#run\\_hello\\_webxr](https://developers.google.com/ar/develop/webxr/hello-webxr#run_hello_webxr)

3.8.2. Відкрийте файл `main.ts`, дослідіть існуючий код. Це непрацюючий шаблон коду, який треба наповнити імплементацією відповідно до прикладу вище. Зверніть увагу на наступні речі:

- Структура коду інша, ніж у прикладі. Проаналізуйте приклад крок за кроком і використовуйте відповідні фрагменти в `main.ts` там, де це потрібно.
- Ваш код використовує Typescript, код з документації потрібно оздобити відповідними типами.

3.8.3. Імплементуйте код відповідно до прикладу з документації.

3.8.3.1. Знайдіть в коді `main.ts` наступний фрагмент коду:

```
// FIX THIS:  
const scene = null;
```

Імплементуйте правильну ініціалізацію сцени (є в документації по посиланню вище). Поміняйте код вище на наступний:

```
const scene = new THREE.Scene();
```

3.8.3.2. Знайдіть в коді `main.ts` наступний фрагмент коду:

```
// FIX THIS:  
const camera = null;
```

Імплементуйте правильну ініціалізацію камери (є в документації по посиланню вище). Поміняйте код вище на наступний:

```
const camera = new THREE.PerspectiveCamera();
```

3.8.3.3. Знайдіть в коді `main.ts` наступний фрагмент коду:

```
// FIX THIS:  
const baseLayer = null;
```

Імплементуйте правильну ініціалізацію базового шару (є в документації по посиланню вище). Поміняйте код вище на наступний:

```
const baseLayer = new XRWebGLLayer(session, gl);
```

3.8.3.4. Знайдіть в коді `main.ts` наступний фрагмент коду:

```
// request reference space  
referenceSpace = null;
```

Імплементуйте правильну ініціалізацію простору (є в документації по посиланню вище). Поміняйте код вище на наступний:

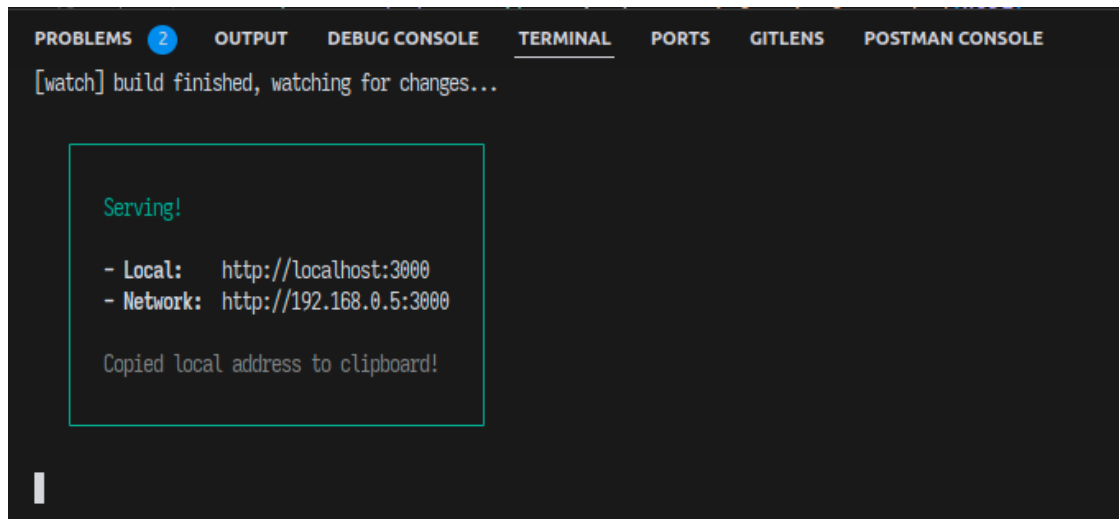
```
referenceSpace = await session.requestReferenceSpace(spaceType);
```

3.9. Запустіть проект і переконайтесь, що він працює.

3.9.1. Виконайте команду побудови проекту для розробки:

```
pnpm run start
```

Перевірте, чи запустився локальний сервер на порту 3000, як на скріншоті нижче.



3.9.2. Якщо ngrok не запустився, запустіть його командою з пункту 3.6.

3.9.3. Відкрийте ендпойнт в браузері на мобільному пристрої і переконайтесь, що він відкривається.



Нажміть "Visit Site" і переконайтесь, що відкривається сторінка з проектом.

3.9.4. У вас має відкритися сторінка проекту:

Start Hello WebXR

Нажміть кнопку "Start Hello WebXR", надайте всі необхідні дозволи для доступу до камери і т.д.

Ви маєте побачити відео з камери телефону. Покрутіть телефоном і знайдіть в просторі 3D об'єкт, який був створений в коді. Дослідіть, як він відображається в просторі.



## Зміст звіту

---

1. Тема та мета роботи.
2. Теоретичні відомості.
3. Постановка завдання.
4. Хід виконання, який включатиме скріншоти процесу білду та запуску проекту, скріншоти імплементації 3D сцени відповідно до прикладу з документації.
5. Результати виконання у вигляді скріншотів з мобільного пристрою.
6. Висновки.

## Контрольні питання

---

1. Що таке WebXR API?
2. Які основні компоненти необхідні для розробки WebXR додатків?
3. Як налаштувати середовище розробки для WebXR?

4. Що таке remote debugging і для чого він використовується в контексті WebXR?
5. Які інструменти потрібні для тестування WebXR додатків на мобільних пристроях?
6. Яка роль ngrok у розробці веб-додатків для мобільних пристроїв?
7. Які основні етапи створення простого 3D об'єкту в WebXR?
8. Як працює Three.js з WebXR API?
9. Опишіть свій досвід з використанням TypeScript в лабораторній роботі.
10. Які вимоги до мобільних пристроїв для роботи з WebXR?
11. Що таке AR сесія в контексті WebXR і як вона ініціалізується?
12. Як забезпечити кросбраузерну підтримку WebXR додатків?
13. Які інструменти для збірки проекту використовуються в даній лабораторній роботі?
14. Які основні проблеми можуть виникнути при розробці WebXR додатків та як їх вирішувати?
15. Як оптимізувати продуктивність WebXR додатків?