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 XebXR -- 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 ендпойнту 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-hard`.

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 перемикатися 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. Переконатись, що версії інструментів встановлені і відповідають очікуваним. В терміналі виконати команди:

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

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

```
# У випадку проблеми з версією:
corepack enable pnpm
corepack use pnpm@latest-10
```

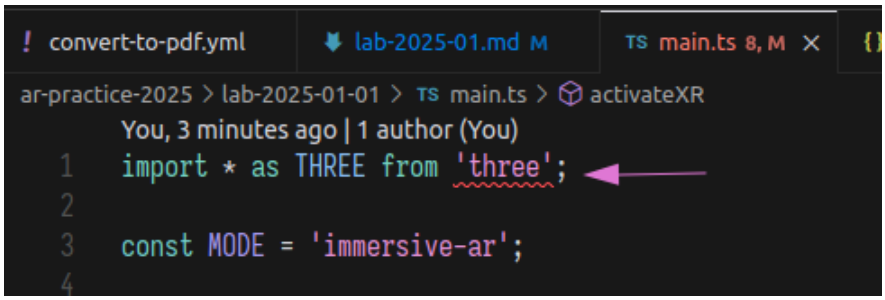
3.3. Команди в п 3.2. прописують в файлі конфігурації проекта (`package.json`) версію пакетного менеджера (ми використовуємо PNPM).

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 виконуєтьяс 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"` :

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:



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. Імплементувати скріпти для запуску проекту.

Дослідіть готову конфігурацію білду проекту, який використовує Typescript та `esbuild`, в файлі `tsconfig.json`.

Необхідно імплементувати наступні скрипти для запуску та білду проекту:

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

Приклад команди, що використовується для білду проекту:

```
esbuild main.ts --bundle --outfile=dist/main.js --format=esm
```

Імплементуйте ці дві команди в `package.json`. Для `pnpm run build` рішення наведене вище, для `pnpm run start` потрібно виконати наступне:

- запустити інсуючу команду esbuild
- додати до неї флаг `--watch` (використовуйте документацію pnpm)
- відправити процес в фоновий режим і використовувати `serve` для запуску сервера в робочій директорії.

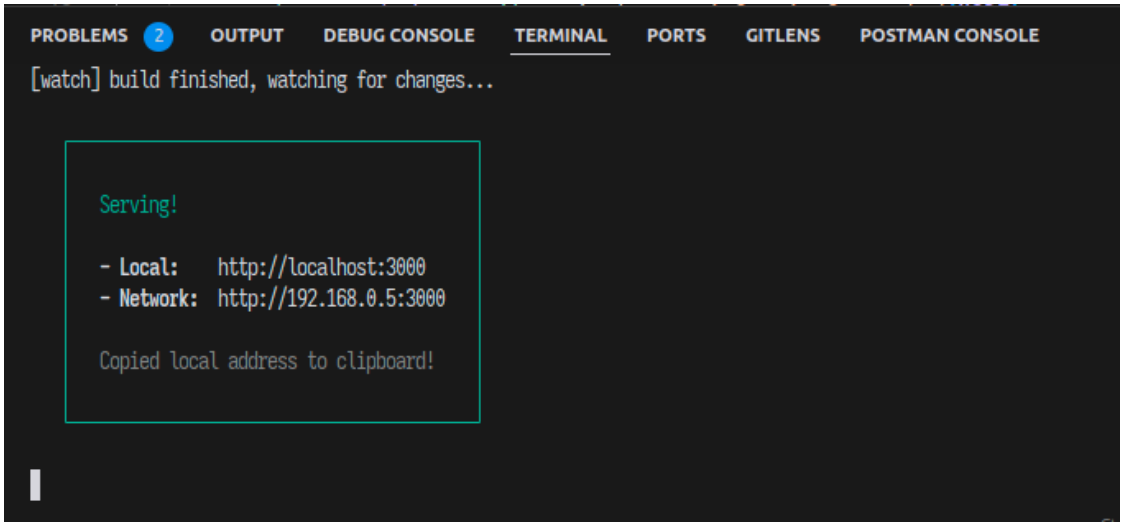
Також необхідно інсталювати залежності `esbuild` та `serve` для того, щоб робити білд проекту та запустити локальний сервер для розробки та відлагодження:

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

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

```
pnpm run start
```

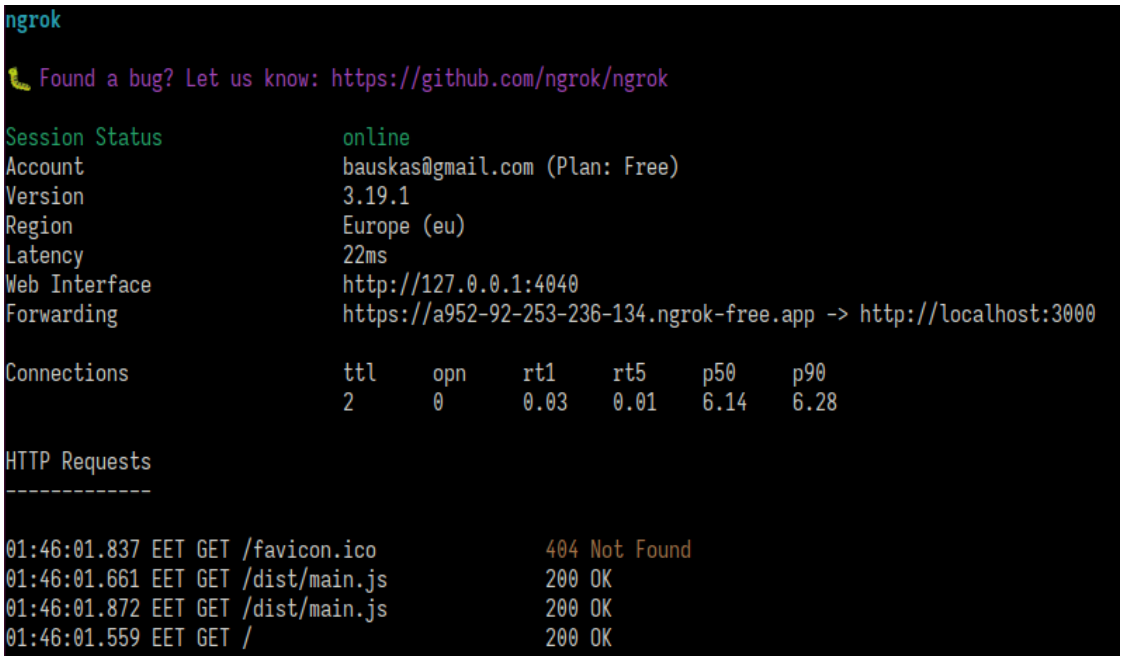
Успішне виконання команди має відкрити локальний сервер на порту 3000:



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

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

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



На скріншоті вище показано, що ngrok відкрив ендпойнт (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.

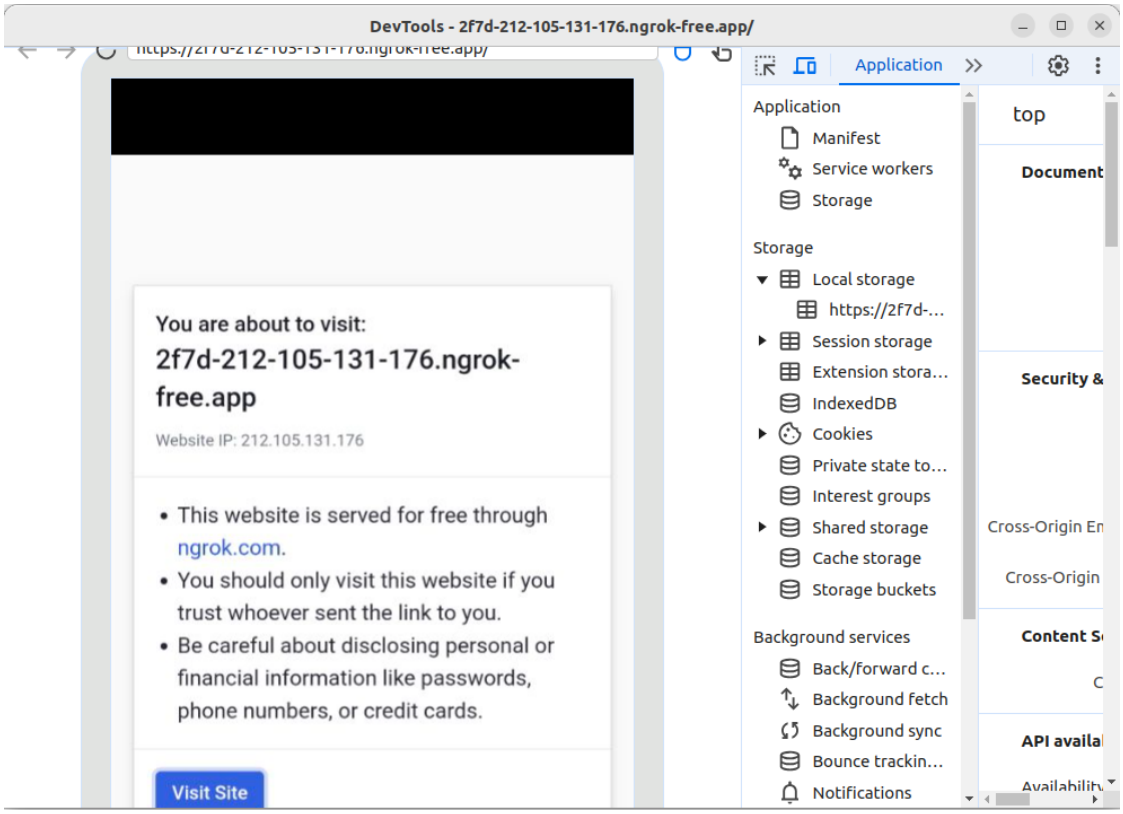
3.7. Відкрити ендпойнт в браузері на мобільному пристрої, використовуючи remote debugging в браузері Chrome.

Налаштувати remote debugging відповідно до документації:
https://developer.chrome.com/docs/devtools/remote-debugging/

3.7.1. Налаштувати режим девелопера на вашому мобільному пристрої (див. документацію за посиланням вище).

3.7.2. На машині, на якій відбувається розробка, відкрити в браузері `chrome://inspect/#devices` і налаштувати remote debugging відповідно до документації.

3.7.3 Відкрити отриманий вище від ngrok HTTPS ендпойнт в браузері на мобільному пристрої і переконатись, що remote debugging працює.



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

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 використайте 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).

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).

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

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

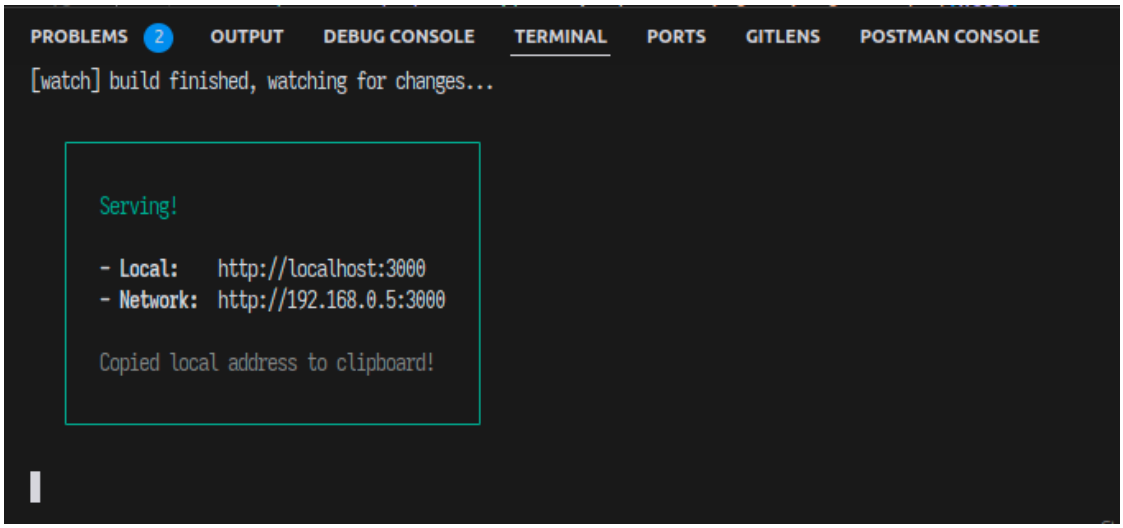
Імплементуйте правильну ініціалізацію базового шару (є в документації по посиланню вище).

3.9. Запустіть проект і переконайтесь, що він працює.

3.9.1. Виконайте команду побудови проекту для розробки:

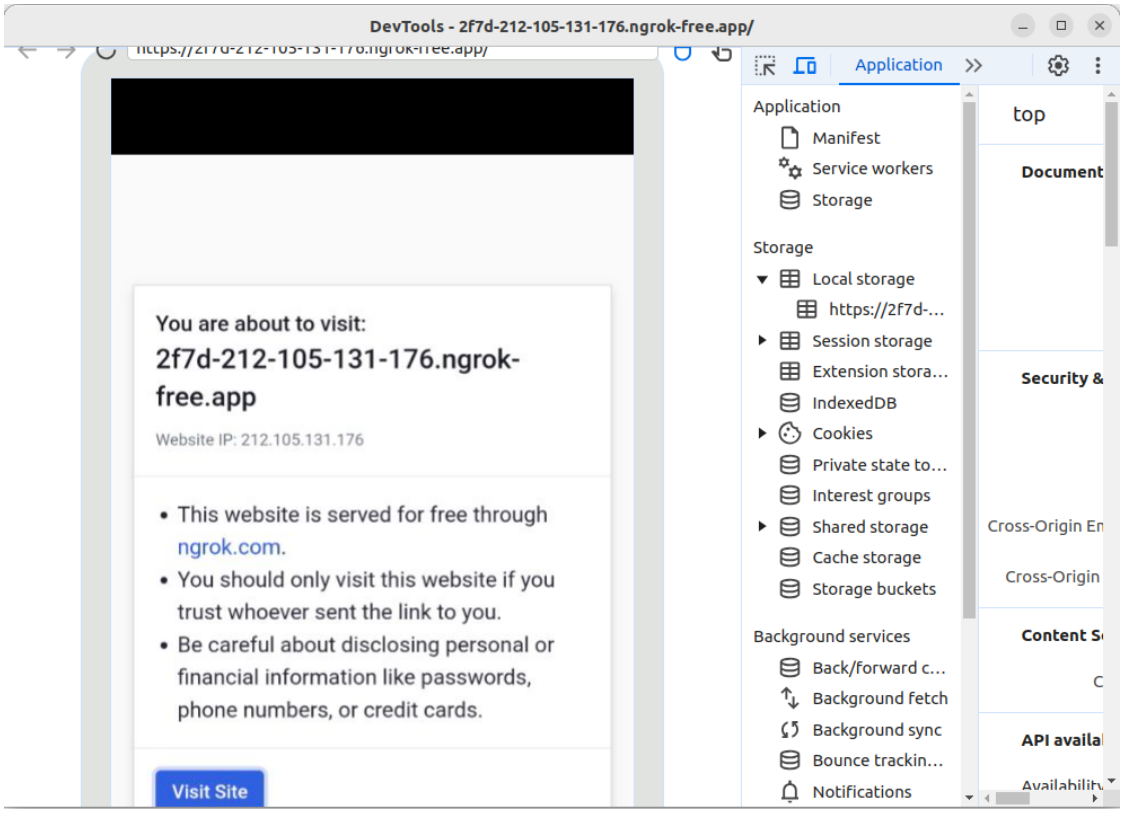
```
pnpm run start
```

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.

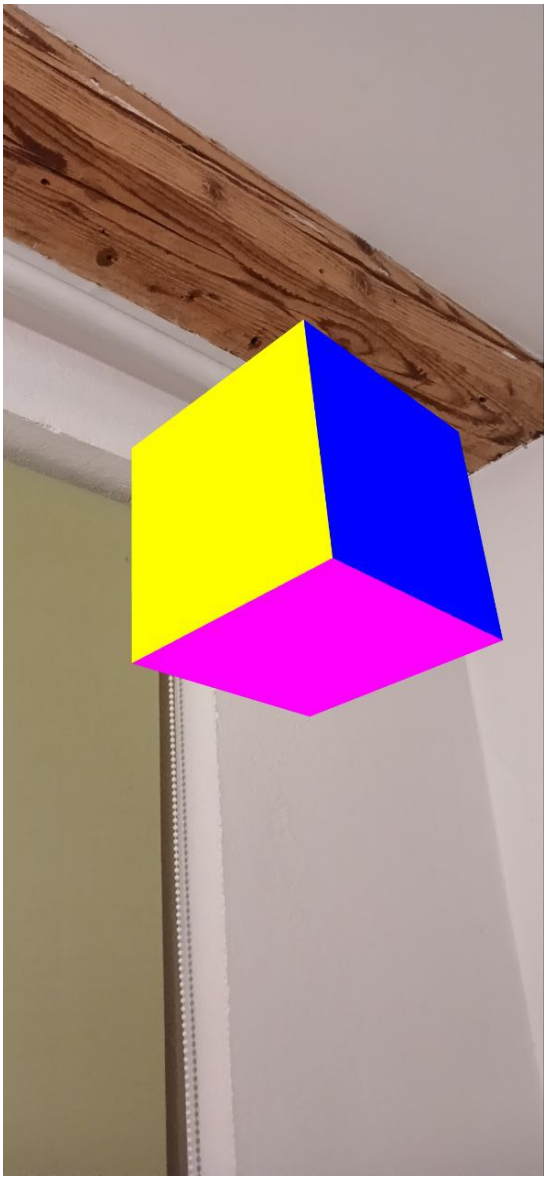


Нажміть "Visit Site" і переконайтесь, що відкривається сторінка з проектом.

3.9.4. У вас має відкритися сторінка проекту:

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?