

Grafika komputerowa. Laboratorium 2.

Oświetlenie w Three.js (release 97)

(październik 2022)

Elementy biblioteki three.js (krótkie przypomnienie)

W bibliotece Three.js scena jest budowana z obiektów. Sama scena jest również obiektem – kontenerem – w którym umieszczane są inne obiekty, zarówno te geometryczne jak i pozostałe charakteryzujące scenę.

Podstawowe obiekty, które tworzymy na podstawie wbudowanych w bibliotekę klas, to:

- Renderery (są przynajmniej dwa: Canvas renderer i WebGL renderer, ten ostatni z większymi możliwościami, ale też i potrzebami odnośnie sprzętu)
- Formy geometryczne, gotowe, zapewnione przez bibliotekę (takie jak sześcian, sfera, itp.) oraz tworzone ręcznie jako siatka wielokątów.
- Obiekty przedstawiające obserwatora sceny (*camera*), jego położenie, punkt, na który patrzy, kąt widzenia, etc.
- Źródła światła, które oświetlają scenę.
- Materiały przypisane formom geometrycznym, określające ich kolor i sposób odbijania światła.

Obiekty three.js mają swoje zmienne składowe, którym należy nadać określone wartości oraz metody. **Dobrą choć niekompletną dokumentacją opisującą między innymi strukturę obiektów jest ta na stronie *Threejs.org*.** Będziemy z niej korzystać przy wykonaniu ćwiczeń.

W ćwiczeniach korzystamy z gotowych kształtów zdefiniowanych w bibliotece. W dokumentacji na stronie threejs.org można je znaleźć w grupie Geometries (dawniej Extras/Geometries).

Dostępne są następujące obiekty:

- 2D:
 - PlaneGeometry
 - CircleGeometry
 - ShapeGeometry
- 3D:
 - BoxGeometry
 - SphereGeometry
 - CylinderGeometry
 - TorusGeometry
 - TorusKnotGeometry
 - PolyhedronGeometry
 - IcosahedronGeometry
 - OctahedronGeometry
 - TetraHedronGeometry

Każdy z kształtów ma właściwe sobie parametry – do odczytania w dokumentacji.

Umieszczane na scenie obiekty są obiektami klasy *Mesh* i składają się z kształtu (geometrii) oraz materiału np. w taki sposób:

```
const cubeGeometry = new THREE.BoxGeometry(4,4,4);
const cubeMaterial= new THREE.MeshLambertMaterial({color:0xff0000});
const cube = new THREE.Mesh(cubeGeometry, cubeMaterial);
```

Materiały, które charakteryzują powierzchnię obiektu decydują o kolorze, sposobie odbijania światła, połyskliwości, przezroczystości, itp. Ich lista (do przeglądnięcia w threejs.org) obejmuje ponad 10 pozycji (w r97 jest ich już 16, w r126 – 18 i na razie nie rośnie). Najważniejsze dla nas w tej chwili są *MeshLambertMaterial* i *MeshPhongMaterial*, ewentualnie jeszcze *MeshBasicMaterial*.

MeshBasicMaterial jest najprostszy i nie pozwala na wykorzystywanie źródeł światła. Jednak pozwala na nadawanie materiałowi koloru i to w dość złożony sposób, np. poprzez użycie map barwnych.

MeshLambertMaterial oprócz możliwości jakie daje *MeshBasicMaterial*, odbija światło w sposób rozproszony, a *MeshPhongMaterial* dodatkowo jeszcze w sposób połyskliwy. Trzeba jednak zauważyć, że te dwa ostatnie materiały w inny sposób traktują obliczanie oświetlenia, również tego rozproszonego. *MeshLambertMaterial* oblicza odbicia w węzłach siatki i je interpoluje liniowo pomiędzy nimi (wykonuje interpolację Gourauda), *MeshPhongMaterial* oblicza oświetlenie w pikselach na podstawie interpolowanych liniowo normalnych (wykonuje interpolację Phongą, której nie należy mylić z modelem oświetlenia połyskliwego Phongą; ale i tak większość osób myli 😊).

Obiekty klasy *Mesh* możemy modyfikować stosując właściwe dla nich atrybuty:

Atrybut	Opis
position	Określa położenie x,y,z obiektu, względem obiektu – rodzica. Zazwyczaj obiektem odniesienia jest <i>Scene</i> .
rotation	Określa obrót obiektu wokół każdej z osi.
scale	Określa skalowanie obiektu wzdłuż każdej z osi.
translateX(amount)	Przesuwa obiekt wzdłuż osi x o zadaną wielkość.
translateY(amount)	Przesuwa obiekt wzdłuż osi y o zadaną wielkość
translateZ(amount)	Przesuwa obiekt wzdłuż osi z o zadaną wielkość

Położenie obiektu można ustawić na trzy sposoby.

Pierwszy:

```
cube.position.x=10;
cube.position.y=3;
cube.position.z=1;
```

Drugi:

```
cube.position.set(10,3,1);
```

Trzeci

```
cube.postion=new THREE.Vector3(10,3,1);
```

Narzędzia pomocnicze: dat.GUI.js, stats.js

W przykładach wykorzystywane są mikro-biblioteki, które nieco poprawiają interfejs użytkownika. Pierwszą z nich jest dat.GUI.js. Źródła i krótki opis w przykładach można znaleźć na stronie <http://workshop.chromeexperiments.com/examples/gui/>. Biblioteka umożliwia utworzenie okien dialogowych, w których można zmieniać wartości wybranych zmiennych – przez podanie nowej wartości, za pomocą suwaka lub przez wybór z listy.

stats.js jest z kolei niewielką klasą, która służy do wyświetlania na ekranie okienka z informacją o wydajności aplikacji wyrażonej w FPS (*frames per second*) lub w ms na klatkę.

W śladowych ilościach, w niektórych przykładach wykorzystany jest popularny framework JavaScriptu – jQuery.js

Modele oświetlenia

Zasadniczym elementem tego laboratorium jest zbadanie możliwości oświetlenia dostępnego w three.js. Zwróćmy też uwagę, że ostateczny efekt oświetlenia zależy od zarówno od charakterystyki źródeł światła jak i charakterystyki odbicia od obiektów, czyli parametrów materiałowych.

Wypada zwrócić uwagę, że modele oświetlenia w bibliotece Three.js zmieniają się częściej niż inne moduły, nie zawsze zachowując kompatybilność z poprzednimi wersjami. W tym przykładzie odwołuję się do wersji 97 Three.js, aktualnej w październiku 2017.

Tradycyjnie oświetlenie w Three.js ogranicza się do modelu lokalnego. Jednak w porównaniu z podstawowym modelem ADS (*Ambient, Diffuse, Specular*) pozwala na prawie automatyczne rzucanie cieni, uwzględnianie załamania światła w obiektach przejrzystych, a także na użycie płaskich źródeł światła o skończonej powierzchni. Są to dość istotne i praktyczne rozszerzenia.

Rodzaje źródeł światła: AmbientLight

Jest to światło otoczenia, które jest formą poświaty, które ma źródło w każdym punkcie przestrzeni i świeci jednakowo w każdym kierunku.

Dziedziczenie klas jest następujące:

Object3D → Light → AmbientLight

Przykład konstruktora AmbientLight:

```
const light = new THREE.AmbientLight( 0xff8080, 1 );
scene.add( light );
```

Parametry konstruktora są następujące:

```
AmbientLight( color : Integer, intensity : Float)
```

gdzie:

Atrybut	Opis
color	Kolor światła RGB, domyślnie biały 0xFFFFFF
intensity	Intensywność światła, domyślnie 1.0

Rodzaje źródeł światła: *PointLight*

Jest to światło punktowe, które świeci we wszystkie strony

Dziedziczenie klas jest następujące:

Object3D → Light → PointLight

Przykład konstruktora PointLight:

```
var light = new THREE.PointLight( 0xff0000, 1, 100 );
light.position.set( 50, 50, 50 );
scene.add( light );
```

Parametry konstruktora są następujące:

```
PointLight( color : Integer, intensity : Float, distance
: Number, decay : Float )
```

gdzie:

Atrybut	Opis
color	Kolor światła RGB, domyślnie biały 0xFFFFFF
intensity	Intensywność światła, domyślnie 1.0
distance	Odległość, przy której intensywność spada do 0. Jeśli distance=0, to światło świeci nieskończenie daleko.
decay	Sposób w jaki intensywność światła maleje z odlegością: domyślnie liniowo (1), alternatywnie kwadratowo (2)
position	Położenie źródła światła.

Szczególnie ciekawe dla SpotLight są poniższe atrybuty:

Atrybut	Opis
castShadow	Jeśli true – światło rzuca cienie
shadow.camera.near	Od jakiej odległości od źródła światła wyliczane są cienie
Shadow.camera.far	Do jakiej odległości od źródła światła wyliczane są cienie
Shadow.camera.fov	W jakim kącie wyliczane są cienie
target	Kierunek, w którym świeci SpotLight (target musi być obiektem)
angle	Kąt stożka światła w radianach(domyślnie $\pi/3$)
penumbra	Oslabienie intensywności oświetlenia przy oddalaniu się od środka

<code>shadow.camera</code>	Jako obiekt <code>CameraHelper</code> . Wyświetlają się linie pomocnicze pokazujące ostrosłup światła (patrz przykład 1)
<code>shadow.mapSize.width</code>	Liczba pikseli użytych do tworzenia cienia
<code>shadow.mapSize.height</code>	Liczba pikseli użytych do tworzenia cienia

Przykłady do zmodyfikowania

W ramach ćwiczenia ograniczymy się do modyfikacji tylko jednego (pierwszego) przykładu. Pozostałe przykłady zostawiamy jedynie do przejrzenia. Pewne zmiany zaproponowane do zrobienia w przykładzie pierwszym zostały zrealizowane w następnych.

01 ambient and spotlight

Scena przedstawia 3 obiekty geometryczne: płaszczyznę z klasy *PlaneGeometry*, sześcian z klasy *BoxGeometry*, sferę z klasy *SphereGeometry*.

W przykładzie – wbrew nazwie, oprócz światła ambient, użyto również źródła światła typu „reflektor” *SpotLight* oraz zastosowano materiał, który odbija światło w sposób rozproszony, *MeshLambertMaterial*. Zmiany właściwie wyłącznie dotyczą oświetlenia *SpotLight*.

Wprowadzono również prostą animację. W przykładzie, zmieniające się położenia, obroty, etc. są przypisane obiektom w funkcji `render()`, a z kolei ciąg tych zmian (animacja) jest zrealizowany wywołaniem:

```
requestAnimationFrame(render);
```

umieszczonym wewnątrz funkcji `render()`; . Użycie `requestAnimationFrame(render)`; uruchamia animację z prędkością 60 fps (jeśli komputer daje radę).

Do zrobienia:

W ramach ćwiczenia proszę (korzystając z dokumentacji na stronie threejs.org i uwag powyżej) zmienić różne parametry oświetlenia. W szczególności:

- Proszę zmienić parametry źródła światła *SpotLight*: jego położenie i kąt stożka światła na mniejszy, np. 0.2 do 0.25. Pomocne w śledzeniu stożka światła może być ustawienie parametru `shadow.camera` jako obiekt *CameraHelper*, co pozwala na wyświetlenie linii w przybliżeniu pokazujących stożek (bardziej ostrosłup), wewnątrz którego obiekty mogą rzucać cień.
- **Proszę uzyskać ślad kręgu światła na płaszczyźnie i obiektach.** Należy zrobić to dla obu rodzajów materiałów, tzn. *MeshLambertMaterial* i *MeshPhongMaterial*. Warto przy tym zwrócić uwagę na to, że zachowują się one odmiennie. Dla *MeshLambertMaterial* warunkiem koniecznym uzyskania śladu kręgu światła jest nałożenie na płaszczyznę siatki o większej gęstości (domyślnie *PlaneGeometry* ma tylko cztery węzły, trzeba sięgnąć do referencji w threejs.org i doczytać resztę parametrów). *MeshLambertMaterial* interpoluje oświetlenie między węzłami. , *MeshPhongMaterial* odwołuje się do pikseli i nie wymaga gęstszej siatki w *PlaneGeometry*. Proszę poeksperymentować i porównać wyniki uzyskiwane przy obu materiałach. Na koniec można wybrać ten, który nam się bardziej podoba.

- Proszę zmienić obiekt, na który świeci `SpotLight` (przez parametr `target`). Na przykład proszę wybrać sferę
- Proszę zobaczyć jakie parametry sterują rzucaniem cienia (jest ich kilka). Czy można rzucić np. cień sześcianu na sferę?
- Proszę zmienić materiał z `MeshLambertMaterial` na `MeshPhongMaterial` i uzyskać odbłaski na sześcianie i sferze (pomocne będą parametry `specular` i `shininess`).
- Jeżeli cienie wyglądają zbyt topornie można spróbować zwiększyć parametry `shadow.mapSize.width` i `shadow.mapSize.height`. Należy też zwrócić uwagę, żeby obszar cienia był objęty przez źródło światła, w czym mogą pomóc parametry `shadow.camera.near`, `shadow.camera.far` i `shadow.camera.fov`. Proszę poeksperymentować z parametrami, tak żeby cienie wyglądały ładnie i naturalnie.
- Proszę do stożkowego światła `SpotLight` dodać transparentny stożek, który udawałby snop światła jaki czasem widać przy rozpraszaniu na różnych drobnych obiektach (kurzu, kropelkach) Przezroczystość częściową można uzyskać za pomocą parametrów `transparent` i `opacity` przy definiowaniu materiału, np. w sposób `new THREE.MeshLambertMaterial({ opacity:0.6, color: 0x44ff44, transparent:true });` Proszę spowodować, żeby źródło światła poruszało się po okręgu razem z dołączonym stożkiem – snopem światła. Ten punkt jest dosyć uciążliwy i niewdzięczny w realizacji. Traktuję go jako nadobowiązkowy
- **Proszę dodać więcej ruchomych obiektów i ruchomych, kolorowych źródeł światła. Taką rozbudowaną scenę proszę przysłać jako zadanie z tego laboratorium.** Nadprogramowo może być w niej snop światła wspomniany w poprzednim punkcie. Ciekawie mogłaby wyglądać przy tym scena nocna.

Pozostałe przykłady.

Proszę je obejrzeć i w miarę dostępnego czasu zanalizować.