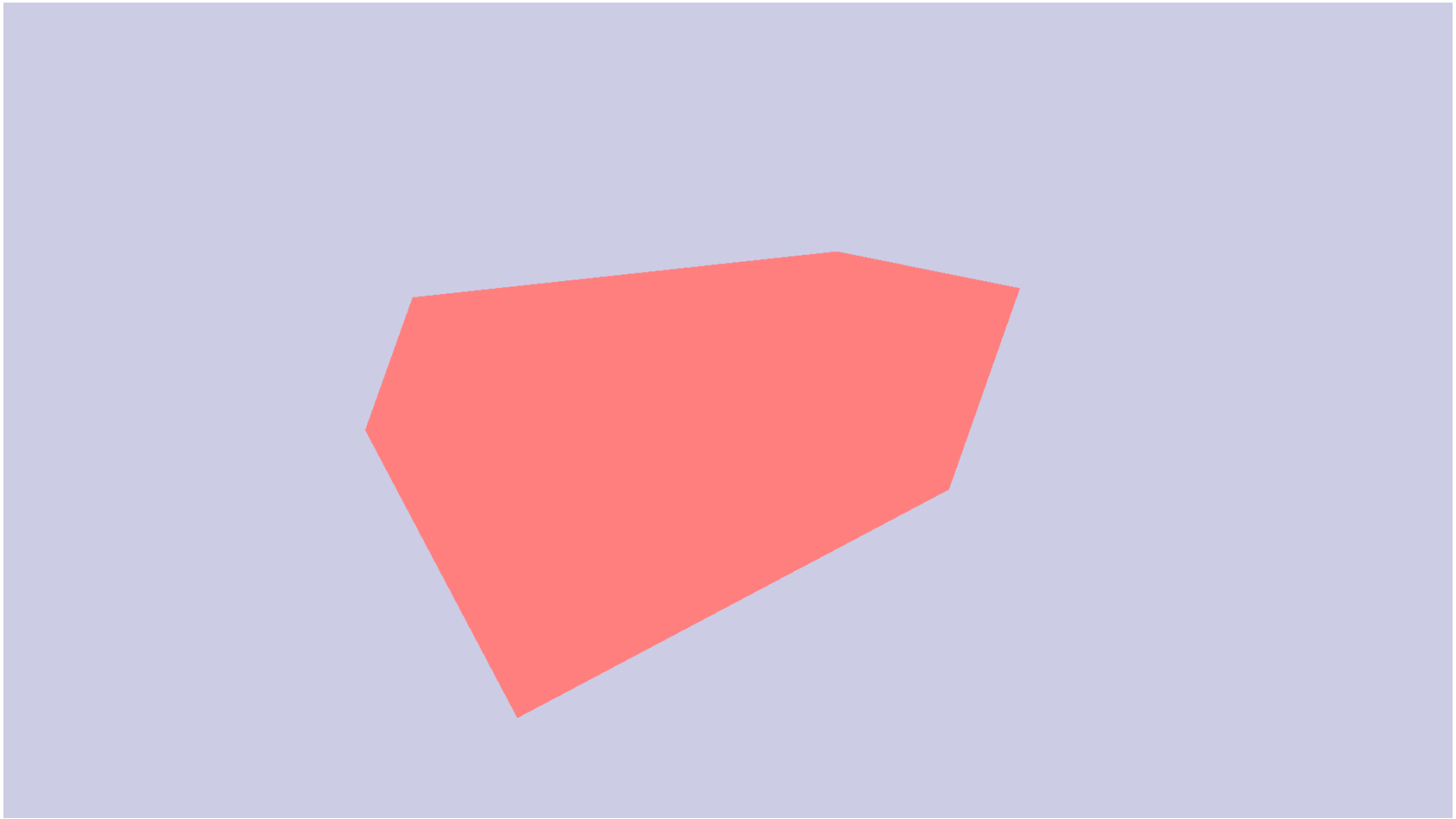
Компьютерная графика

Практика 12: Volume rendering

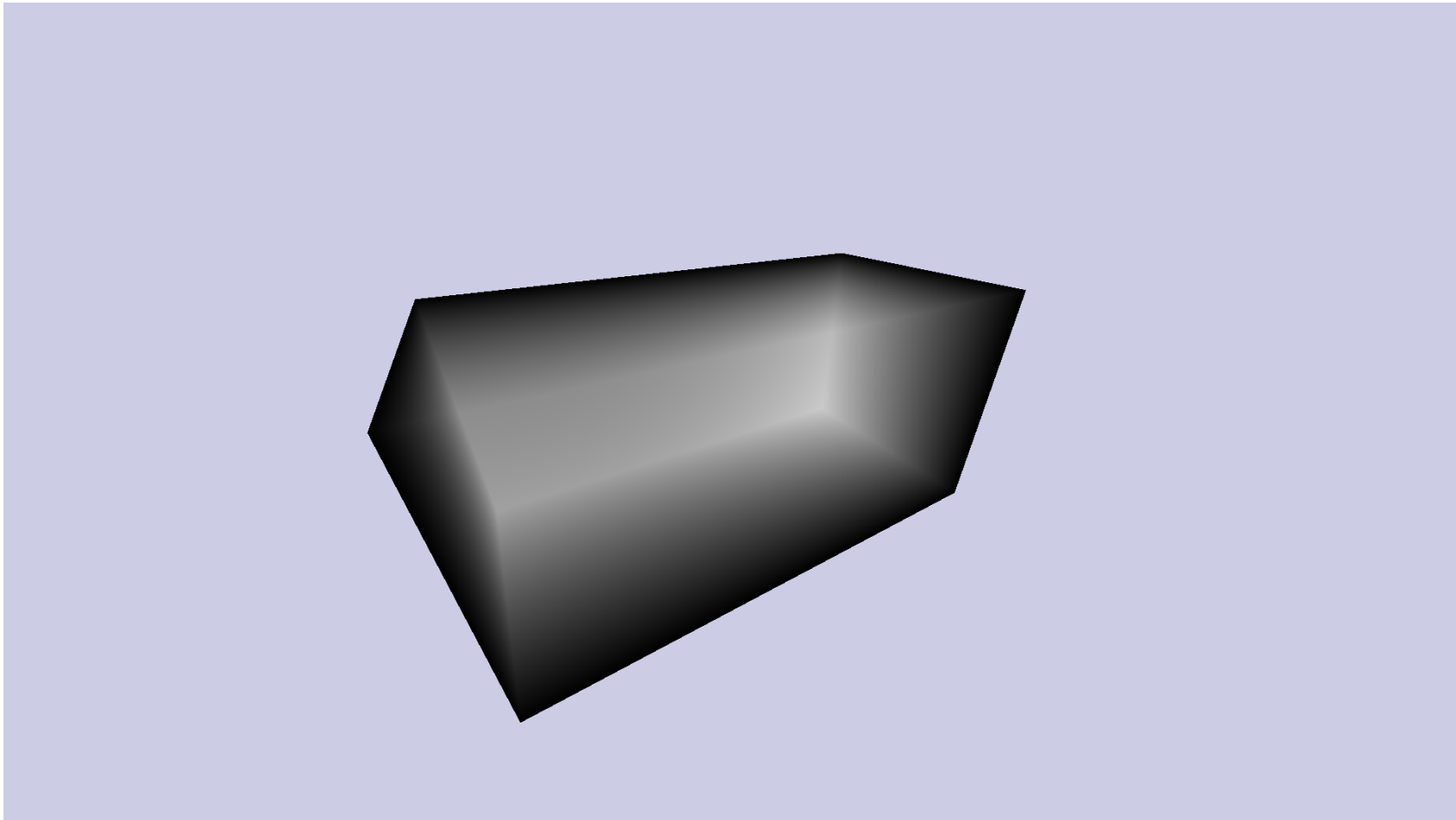
2022



Задание 1

Находим пересечение с AABB объекта (во фрагментном шейдере)

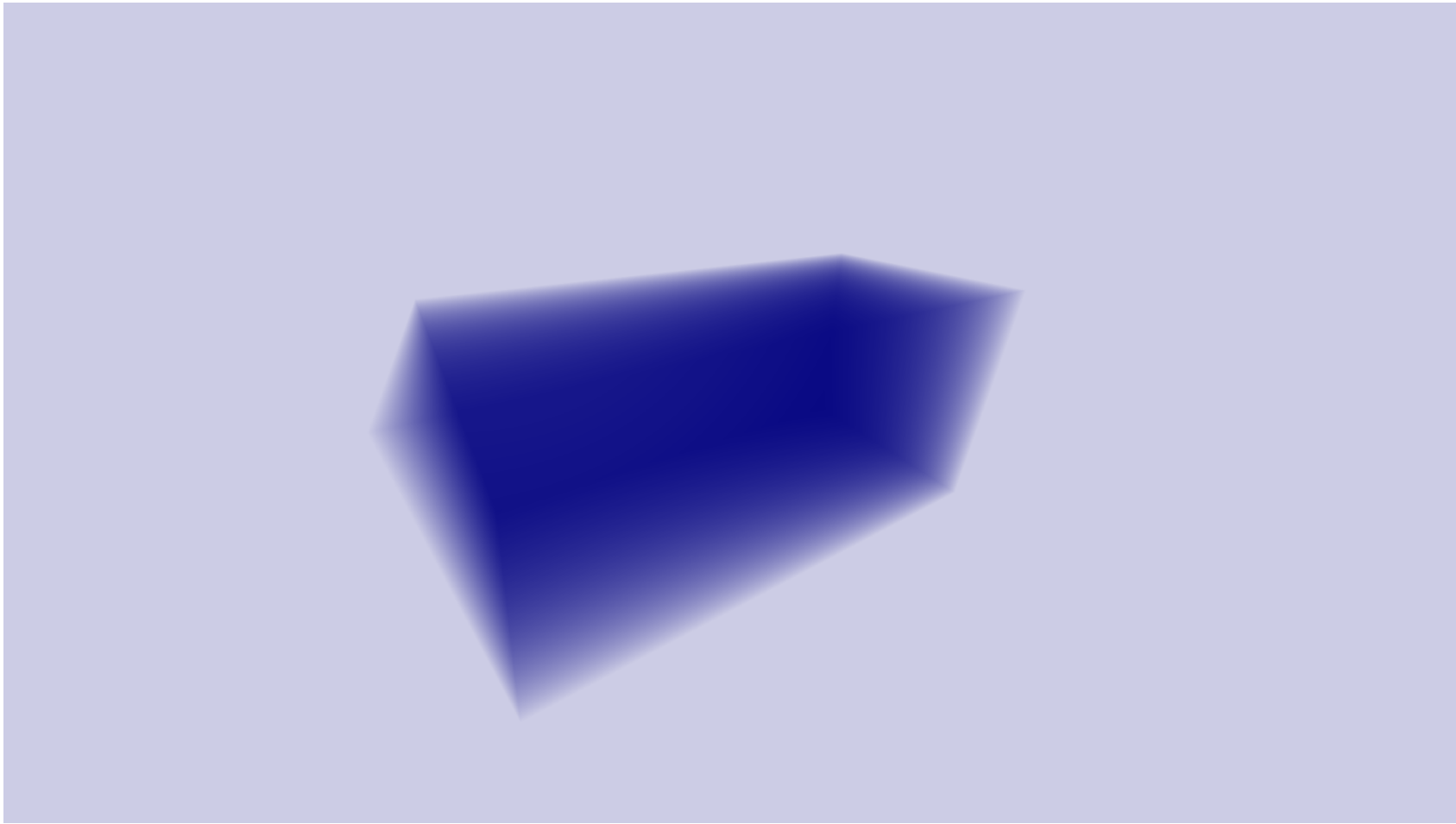
- Вычисляем **нормированный** вектор направления из камеры в текущую точку поверхности – это вектор направления луча
- Вычисляем пересечение этого луча с AABB: интервал $[t_{min}, t_{max}]$ для которых $p + t \cdot d$ содержится в AABB (в коде уже есть функция `intersect_bbox`, возвращает `vec2(tmin, tmax)`)
- Делаем `tmin = max(tmin, 0.0)`, чтобы не включать часть пересечения сзади камеры
- В качестве цвета пикселя выводим `vec3(tmax - tmin)` (это значение часто будет больше единицы, так что можно разделить, например, на 4.0)



Задание 2

Вычисляем optical depth куба (во фрагментном шейдере)

- Заводим константу для коэффициента поглощения: `absorption = 1.0`
- Вычисляем optical depth: `optical_depth = (tmax - tmin) * absorption`
- Вычисляем непрозрачность пикселя: `opacity = 1.0 - exp(-optical_depth)`
- Записываем значение opacity в альфа-канал результирующего цвета (RGB-каналы заполните вашим любимым цветом)
- Можно поиграться со значением `absorption` чтобы понять, как оно влияет на результат



Задание 3

Загружаем 3D текстуру

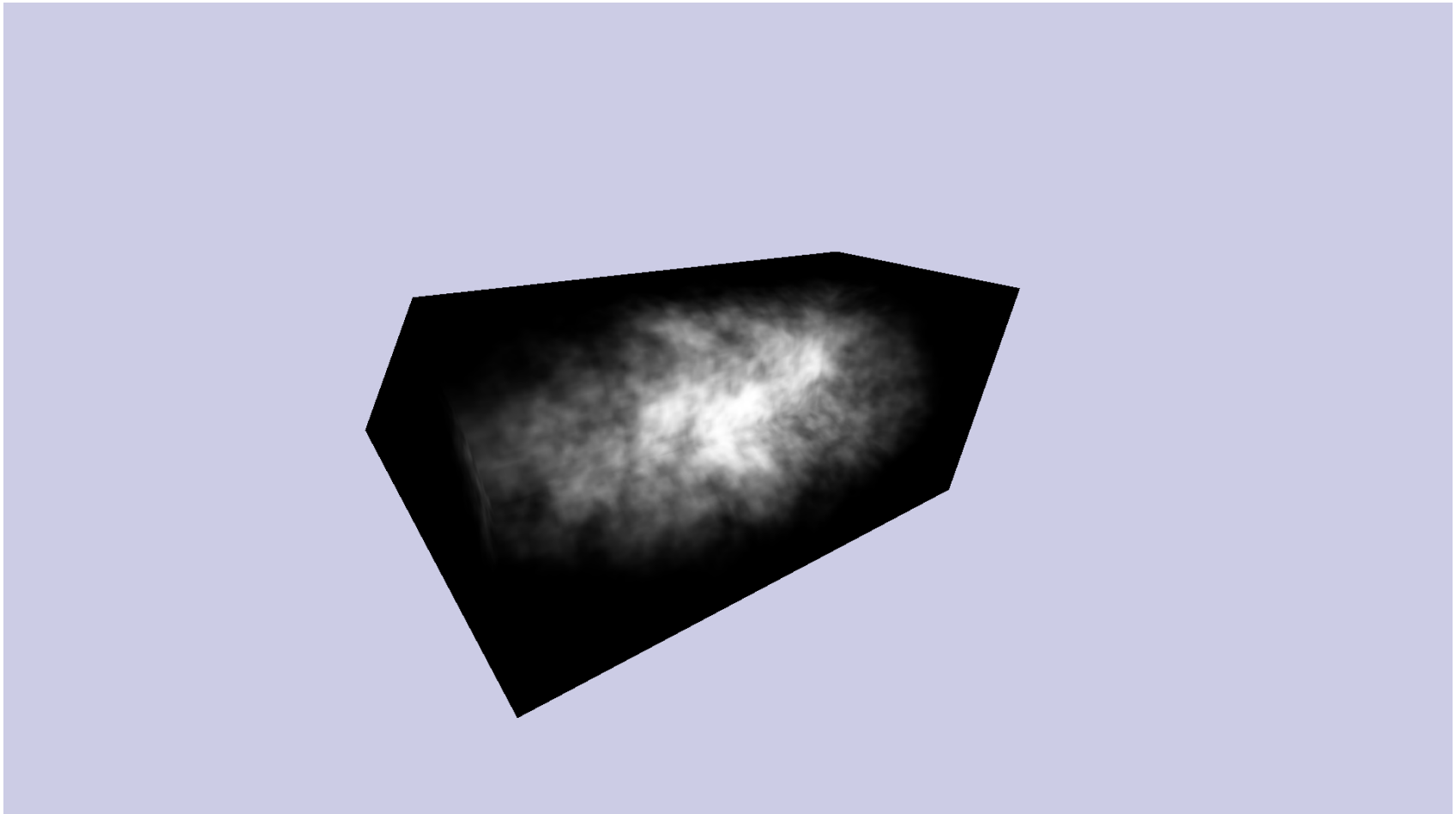
- Создаём текстуру типа `GL_TEXTURE_3D`, min/mag фильтры – `GL_LINEAR`
- Устанавливаем параметры `WRAP_R`, `WRAP_S`, `WRAP_T` в `GL_CLAMP_TO_EDGE`
- Считываем данные из файла `cloud_data_path` (128x64x64, одноканальная, 1 байт на пиксель):
  - Заводим `std::vector<char> pixels(...)` нужного размера
  - Открываем файл `std::ifstream input(path, std::ios::binary)`
  - Читаем данные `input.read(pixels.data(), pixels.size())`
- Загружаем в текстуру с помощью `glTexImage3D` (internal format – `GL_R8`, format – `GL_RED`, type – `GL_UNSIGNED_BYTE`)
- Добавляем текстуру в шейдер (`uniform sampler3D`), выводим в качестве цвета значение из текстуры в точке

  `p = position + direction * (tmin + tmax) / 2.0`
  - Нужно перевести пространственные координаты в текстурные: `(p - box_min) / (bbox_max - bbox_min)`
  - Удобно завести функцию, возвращающую значение из текстуры по точке в пространстве
- В качестве альфа-канала возьмём 1, иначе ничего не увидим

Задание 3

N.B. можно взять другую текстуру: `bunny.data` (есть в репозитории с заданием)

- Размер – 64x64x64
- `bbox_min = vec3(-1, -1, -1)`
- `bbox_max = vec3( 1,  1,  1)`



Задание 4

Вычисляем optical depth с помощью front-to-back алгоритма (во фрагментном шейдере)

- Инициализируем `optical_depth = 0`
- Делаем цикл, например, в 64 шага; один шаг цикла соответствует 1/64 части отрезка
  `dt = (tmax - tmin) / 64`
  - Вместо 64 можно взять любое другое число; чем больше, тем красивее и медленнее
  - Каждой итерации `i` цикла соответствует значение
    `t = tmin + (i + 0.5) * dt`
  - Каждому значению `t` соответствует точка луча
    `p = position + t * direction`
  - Берём плотность из текстуры в текущей точке `p`
  - Обновляем optical depth:
    `optical_depth += absorption * density * dt`
- Вычисляем opacity как в задании 2

Задание 5

Вычисляем рассеяние (во фрагментном шейдере), считаем что фазовая функция не зависит от угла рассеяния (тогда $f(p, \theta) = \frac{1}{4\pi}$)

- Коэффициент поглощения можно сделать поменьше (или даже нулём)
- Заводим коэффициенты рассеяния `scattering = 4.0` и вымирания `extinction = absorption + scattering`
- Заводим интенсивность света `light_color = vec3(16.0)`
- Инициализируем рассеянный свет `color = vec3(0.0)`
- В цикле аккумулируем и optical depth, и рассеянный свет
- `optical_depth += extinction * density * dt`
- Для рассеяния нужно посчитать `light_optical_depth` аналогичным вложенным циклом (число итераций может быть другое, например 16) вдоль луча из текущей точки в направлении света `light_direction`
  - Придётся вызвать `intersect_bbox` на каждую итерацию внешнего цикла
  - Придётся читать из текстуры на каждую итерацию внутреннего цикла
- Обновляем рассеянный свет как

```
color += light_color * exp(-light_optical_depth) * exp(-optical_depth)
    * dt * density * scattering / 4.0 / PI
```

- В качестве результата шейдера выводим `vec4(color, alpha)`

Задание 6*

Разные коэффициенты рассеяния для разных цветов

- Обычный блендинг не умеет делать альфа-канал для каждого цвета по отдельности, так что заменим цвет фона (`glClearColor`) на чёрный
- Коэффициенты `absorption`, `scattering`, `extinction`, а также величины `optical_depth` и `light_optical_depth` должны стать `vec3`
- В координаты `scattering` нужно записать три разных числа (подберите что-нибудь сами в районе 1..10)
- Поиграйтесь со значением `scattering`, чтобы посмотреть, как оно влияет на результат