**\section{Имитация ветра}**

Для симуляции ветра в компьютерной графике существует несколько методов.

**\subsection{Шум Перлина (Perlin Noise)}**

Шум Перлина является классическим методом для создания плавных, непрерывных и природных изменений. Этот метод генерирует последовательности случайных значений, которые плавно изменяются в пространстве.

\textbf{Преимущества}:

\begin{itemize}

\item Плавные изменения, без резких скачков.

\item Легко интегрировать в анимацию.

\item Подходит для создания глобального направления ветра.

\end{itemize}

\textbf{Недостатки}:

\begin{itemize}

\item Не всегда достаточно для симуляции более сложных природных явлений.

\end{itemize}

**\subsection{Шум Simplex (Simplex Noise)}**

Шум Simplex — это улучшенная версия шума Перлина, предложенная Кеном Перлином. Он предназначен для более эффективного вычисления и получения менее "решетчатых" текстур.

\textbf{Преимущества}:

\begin{itemize}

\item менее "решетчатые" текстуры по сравнению с шумом Перлина.

\item Быстрее вычисляется для многомерных пространств.

\end{itemize}

\textbf{Недостатки}:

\begin{itemize}

\item Немного сложнее для реализации.

\item Требует больше вычислительных ресурсов, если используется в больших масштабах.

\end{itemize}

**\subsection{Гидродинамическая модель (Fluid Simulation)}**

Для более точной симуляции взаимодействия объектов с ветром можно использовать гидродинамические модели, такие как смоделированные жидкости или воздушные потоки. Эти модели, обычно основанные на уравнениях Навье-Стокса, описывают движения жидкости или газа. Это позволяет имитировать очень сложное поведение воздушных потоков и их влияние на объекты.

\textbf{Преимущества}:

\begin{itemize}

\item Реалистичное моделирование турбулентности.

\item Используется для высокореалистичных симуляций.

\item Подходит для сложных и динамичных сцен.

\end{itemize}

\textbf{Недостатки}:

\begin{itemize}

\item Высокая вычислительная сложность.

\item Требует значительных ресурсов и времени для расчетов.

\end{itemize}

**\subsection{Метод частиц (Particle Systems)}**

Метод частиц используется для симуляции движения множества маленьких частиц, например, для создания эффектов дождя, снега или ветра. В этом методе можно моделировать движение ветра с помощью частиц, которые могут взаимодействовать с объектами в сцене, создавая эффект воздействия ветра.

\textbf{Преимущества}:

\begin{itemize}

\item Хорошо подходит для создания разнообразных природных эффектов.

\item Легко интегрируется в анимации.

\item Можно использовать для визуализации взаимодействия с объектами.

\end{itemize}

\textbf{Недостатки}:

\begin{itemize}

\item Частицы часто являются абстракцией, а не физическими объектами.

\item Может быть трудным для управления на больших сценах с множеством объектов.

\end{itemize}

**\subsection{Реалистичные модели турбулентности}**

Для моделирования турбулентности и более сложных воздушных потоков используется модель турбулентности, которая основывается на сложных расчетах, обычно с применением уравнений Навье-Стокса.

\textbf{Преимущества}:

\begin{itemize}

\item очень высокий уровень детализации.

\item моделирует сложные, неравномерные потоки воздуха и турбулентность.

\end{itemize}

\textbf{Недостатки}:

\begin{itemize}

\item очень высокие вычислительные затраты.

\item сложность в реализации.

\end{itemize}

**\section{Выбор метода}**

Для реализации ветра стоит выбрать \textbf{метод шума Перлина}, вследствие следующих причин:

\begin{itemize}

\item простота реализации (шум Перлина легко интегрируется в имеющееся ПО),

\item натуральность и плавность анимации,

\item производительность (в отличие от более сложных методов, шум Перлина не требует значительных вычислительных ресурсов.

\end{itemize}

**\subsection{Простая физика движения объекта}**

Ветер может воздействовать на объекты извне, заставляя их двигаться. Чтобы модель движения объектов была правдоподобной, нужно учитывать физику движения, а также реалистичные колебания, отклонения и деформации.

Для моделирования движения объекта под воздействием ветра необходимо учитывать основные физические параметры, такие как масса объекта, его жесткость, упругость и сопротивление ветру. Основной задачей является расчёт силы, которую ветер оказывает на объект, а также вычисление его отклонений от первоначального положения.

Основные физические силы:

\begin{itemize}

\item сила тяжести,

\item сила сопротивления воздуха (пропорциональная скорости движения объекта и сопротивлению его формы),

\item сила, приложенная ветром.

\end{itemize}

**\paragraph**{Формулы для расчёта воздействия ветра:}

Для простого вычисления отклонения объекта от воздействия ветра можно использовать следующее:

\[

F\_{wind} = C\_d \cdot A \cdot \rho \cdot v^2 / 2

\]

где:

\begin{itemize}

\item \(C\_d\) — коэффициент сопротивления воздуха (для разных объектов имеет разные значения).

\item \(A\) — площадь, подвергающаяся воздействию ветра.

\item \(\rho\) — плотность воздуха.

\item \(v\) — скорость объекта относительно воздуха.

\end{itemize}

Для моделирования отклонений объекта можно использовать простую модель второго закона Ньютона:

\[

F = m \cdot a

\]

где:

\begin{itemize}

\item \(F\) — сила, действующая на объект.

\item \(m\) — масса объекта.

\item \(a\) — ускорение объекта, которое будет вычисляться как:

\[

a = \frac{F\_{wind}}{m}

\]

\end{itemize}

В результате положение и форма объекта будут изменяться в зависимости от силы ветра, которая варьируется с течением времени, учитывая шум Перлина.

**\section{Модели освещения}**

В компьютерной графике модели освещения используются для имитации световых эффектов, когда свет аппроксимируется на основе физических законов.

Основными параметрами, определяющими освещение, являются:

\begin{itemize}

\item \textbf{свойства источников света}, включая их интенсивность и цвет,

\item \textbf{свойства материала объекта}, такие как коэффициенты отражения, поглощения и пропускания света,

\item \textbf{взаимодействие света с другими объектами} в сцене, например, затенение и переотражение,

\item \textbf{цвет самой поверхности}, который определяется текстурами или параметрами материала.

\end{itemize}

**\subsection{Модель Ламберта}**

Модель Ламберта используется для расчета диффузного освещения. Формула освещения имеет вид:

\[

I = I\_a + I\_d \cdot \max(0, \vec{L} \cdot \vec{N}),

\]

где

\( I\_a \)~--- фоновая компонента,

\( I\_d \)~--- интенсивность источника света,

\( \vec{L} \)~--- вектор направления света,

\( \vec{N} \)~--- нормаль к поверхности.

\textbf{Достоинства}:

\begin{itemize}

\item простота реализации,

\item высокая скорость вычислений.

\end{itemize}

\textbf{Недостатки}:

\begin{itemize}

\item не учитывает зеркальные отражения, что делает поверхность "матовой".

\end{itemize}

**\subsection{Модель Фонга}**

Модель Фонга включает три компоненты: фоновую, диффузную и зеркальную.

Формула имеет вид:

\[

I = I\_a + I\_d \cdot \max(0, \vec{L} \cdot \vec{N}) + I\_s \cdot \max(0, \vec{R} \cdot \vec{V})^n,

\]

где

\( I\_s \)~--- интенсивность зеркального света,

\( \vec{R} \)~--- отражённый вектор,

\( \vec{V} \)~--- направление к наблюдателю,

\( n \)~--- параметр блеска.

\textbf{Достоинства}:

\begin{itemize}

\item реализует блеск и блики,

\item подходит для гладких поверхностей.

\end{itemize}

\textbf{Недостатки}:

\begin{itemize}

\item зеркальная компонента может давать нереалистичные результаты при больших значениях параметра блеска.

\end{itemize}

**\subsection{Модель Блинна-Фонга}**

Модель Блинна-Фонга модифицирует зеркальную компоненту модели Фонга. Вместо отражённого вектора \( \vec{R} \) используется вектор полупути \( \vec{H} \), рассчитываемый как среднее между векторами света и наблюдателя:

\[

\vec{H} = \frac{\vec{L} + \vec{V}}{\|\vec{L} + \vec{V}\|}.

\]

Формула освещения:

\[

I = I\_a + I\_d \cdot \max(0, \vec{L} \cdot \vec{N}) + I\_s \cdot \max(0, \vec{N} \cdot \vec{H})^n.

\]

\textbf{Достоинства}:

\begin{itemize}

\item более естественные блики,

\item ускорение расчётов.

\end{itemize}

\textbf{Недостатки}:

\begin{itemize}

\item не подходит для анизотропных поверхностей.

\end{itemize}

**\subsection{Модификация Wrap-around}**

Модель Wrap-around улучшает модель Ламберта, добавляя дополнительный параметр \( k \), который позволяет источнику света освещать поверхность даже в затенённых областях:

\[

I\_d = \max(k + (1 - k) \cdot (\vec{L} \cdot \vec{N}), 0).

\]

\textbf{Достоинства}:

\begin{itemize}

\item улучшает реалистичность теней.

\end{itemize}

\textbf{Недостатки}:

\begin{itemize}

\item увеличивает сложность расчётов.

\end{itemize}

**\subsection{Выбор модели}**

Для данной задачи подходящей является \textbf{модель Блинна-Фонга}. Она обеспечивает баланс между реализмом и производительностью.

Эта модель:

\begin{enumerate}

\item учитывает как диффузное, так и зеркальное освещение, что важно для создания реалистичного вида подсолнухов,

\item даёт плавное распределение бликов,

\item эффективнее модели Фонга за счёт упрощения расчёта зеркальной компоненты.

\end{enumerate}

Модель Ламберта слишком проста и не учитывает блеск поверхности, что делает её неподходящей для сцены с естественным освещением. Модификация Wrap-around не нужна, так как не требуется учитывать освещение затенённых областей.

Таким образом, \textbf{модель Блинна-Фонга} оптимально соответствует требованиям проекта, обеспечивая реалистичное освещение подсолнухов и высокую производительность.