

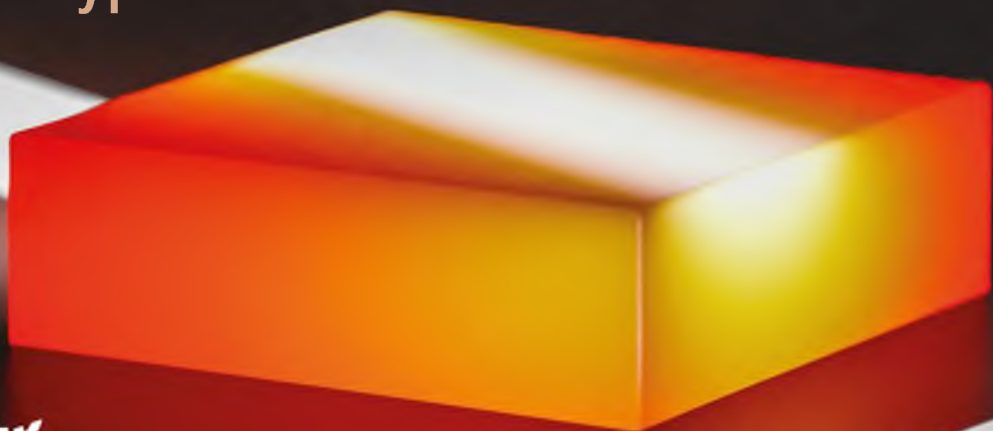
Мэтт Фарр
Вензел Джейкоб
Грег Хамфрис

РЕНДЕРИНГ

НА ОСНОВЕ

ЗАКОНОВ ФИЗИКИ

Геометрия, спектры, формы,
модели отражения, алгоритмы
семплинга, световой перенос,
текстуры



СОДЕРЖАНИЕ

ОТ ИЗДАТЕЛЬСТВА	16
ОБ АВТОРАХ	17
ПРЕДИСЛОВИЕ	18
ГЛАВА 01 ВВЕДЕНИЕ	30
1.1 Грамотное программирование	30
1.2 Фотореалистический рендеринг и алгоритм рейтрейсинга	33
1.2.1 Камеры и пленка	35
1.2.2 Пересечения луч–объект	37
1.2.3 Распределение света	38
1.2.4 Видимость	40
1.2.5 Поверхности, рассеивающие свет	41
1.2.6 Непрямое пропускание света	41
1.2.7 Распространение луча	44
1.3 Обзор системы pbrt	45
1.3.1 Этапы выполнения	46
1.3.2 Функция main() системы pbrt	47
1.3.3 Интерфейс Integrator	51
1.3.4 ImageTileIntegrator и основной цикл рендеринга	53
1.3.5 Реализация RayIntegrator	57
1.3.6 Интегратор случайного блуждания	60
1.4 Как изучать материал этой книги	65
1.4.1 Упражнения	66
1.4.2 Просмотр изображений	67
1.4.3 Онлайн-версия	67
1.5 Понимание и использование кода	67
1.5.1 Организация исходного кода	67
1.5.2 Соглашение по наименованиям	68
1.5.3 Указатель или ссылка?	68
1.5.4 Абстрактность или эффективность?	69
1.5.5 Пространство имен pstd	69
1.5.6 Аллокаторы	69

1.5.7	Динамическая диспетчеризация	70
1.5.8	Оптимизация кода	71
1.5.9	Отладка и регистрация	71
1.5.10	Параллелизм и безопасность потоков	72
1.5.11	Расширение системы	73
1.5.12	Программные ошибки	73
1.6	Краткая история рендеринга на основе законов физики.....	73
1.6.1	Исследования.....	74
1.6.2	Производство	76
	Дополнительная литература.....	78
	Упражнения.....	80
ГЛАВА 02 ИНТЕГРИРОВАНИЕ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО.....		82
2.1	Метод Монте-Карло: основы	83
2.1.1	Обзор предпосылок и теории вероятностей.....	83
2.1.2	Ожидаемые значения	85
2.1.3	Оценка Монте-Карло	85
2.1.4	Ошибка в статистических оценках Монте-Карло.....	87
2.2	Повышение эффективности	89
2.2.1	Стратифицированный семплинг	89
2.2.2	Семплинг по значимости	91
2.2.3	Семплинг по множественной значимости.....	93
2.2.4	Русская рулетка	96
2.2.5	Расщепление	97
2.3	Семплинг методом инверсии	97
2.3.1	Дискретный случай.....	97
2.3.2	Непрерывный случай.....	100
2.4	Преобразование между распределениями	101
2.4.1	Преобразование в нескольких измерениях	102
2.4.2	Семплинг с многомерными преобразованиями	103
	Дополнительная литература.....	105
	Упражнения.....	106
ГЛАВА 03 ГЕОМЕТРИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ		108
3.1	Системы координат.....	108
3.1.1	Направленность системы координат.....	109
3.2	Базовые классы n -кортежей.....	110
3.3	Векторы	113
3.3.1	Нормализация и длина вектора	114
3.3.2	Скалярное и векторное произведения	116
3.3.3	Система координат из одного вектора	118
3.4	Точки.....	119
3.5	Нормали	120
3.6	Лучи	121
3.6.1	Дифференциалы лучей.....	123
3.7	Ограничивающие боксы	124
3.8	Сферическая геометрия	130
3.8.1	Телесные углы.....	130
3.8.2	Сферические полигоны	131
3.8.3	Сферические параметризации.....	133
3.8.4	Ограничивающие направления	140
3.9	Преобразования.....	144
3.9.1	Однородные координаты	145
3.9.2	Оценка класса преобразования	146
3.9.3	Базовые операции.....	146
3.9.4	Перемещения (трансляции)	148
3.9.5	Масштабирование.....	149
3.9.6	Поворот по осям x , y и z	150

3.9.7	Поворот вокруг произвольной оси	152
3.9.8	Поворот одного вектора к другому	153
3.9.9	Преобразование точки зрения	154
3.10	Применение преобразований.....	155
3.10.1	Точки	156
3.10.2	Векторы.....	156
3.10.3	Нормали.....	156
3.10.4	Лучи.....	157
3.10.5	Ограничивающие боксы.....	157
3.10.6	Композиция преобразований	158
3.10.7	Преобразования и направленность системы координат	158
3.10.8	Векторные фреймы.....	159
3.10.9	Анимированные преобразования	160
3.11	Взаимодействия.....	162
3.11.1	Взаимодействие с поверхностью	164
3.11.2	Взаимодействие со средой	166
	Дополнительная литература.....	167
	Упражнения.....	168

ГЛАВА 04 РАДИОМЕТРИЯ, СПЕКТРЫ И ЦВЕТ

4.1	Радиометрия	171
4.1.1	Базовые величины	172
4.1.2	Функции падающего и исходящего излучений	175
4.1.3	Радиометрические спектральные распределения	177
4.1.4	Яркость и фотометрия	177
4.2	Работа с радиометрическими интегралами.....	178
4.2.1	Интегралы по проекции телесного угла	178
4.2.2	Интегралы по сферическим координатам	179
4.2.3	Интегралы по площади.....	180
4.3	Отражение от поверхности.....	181
4.3.1	BRDF и BTDF	182
4.3.2	BSSRDF	184
4.4	Излучение света.....	184
4.4.1	Излучение черного тела.....	186
4.4.2	Стандартные источники света	188
4.5	Представление спектральных распределений	189
4.5.1	Интерфейс спектра	190
4.5.2	Общие спектральные распределения.....	191
4.5.3	Встроенные спектральные данные.....	194
4.5.4	Семплированные спектральные распределения.....	195
4.6	Цвет.....	200
4.6.1	Цветовое пространство XYZ.....	201
4.6.2	Цвет RGB	205
4.6.3	Цветовые пространства RGB	207
4.6.4	Почему именно спектральный рендеринг?	210
4.6.5	Выбор количества длин волн для семплинга	211
4.6.6	От RGB к спектрам	214
	Дополнительная литература.....	224
	Упражнения.....	227

ГЛАВА 05 КАМЕРЫ И ПЛЕНКА.....

5.1	Интерфейс камеры	230
5.1.1	Пространства координат камеры.....	232
5.1.2	Класс CameraBase	235
5.2	Модели проекционных камер	238
5.2.1	Ортографическая камера	240
5.2.2	Перспективная камера	243
5.2.3	Модель тонкой линзы и глубина резкости.....	246

5.3	Сферическая камера.....	252
5.4	Пленка и изображение.....	254
5.4.1	Уравнение измерения камеры.....	254
5.4.2	Моделирование отклика световоспринимающего сенсора.....	255
5.4.3	Фильтрация семплов изображения.....	264
5.4.4	Интерфейс пленки.....	267
5.4.5	Общая функциональность пленки.....	269
5.4.6	RGBFilm.....	271
5.4.7	GBBufferFilm.....	275
	Дополнительная литература.....	276
	Упражнения.....	279
ГЛАВА 06 ФОРМЫ.....		282
6.1	Базовый интерфейс формы.....	282
6.1.1	Ограничивающие объемы.....	282
6.1.2	Пересечения лучей с границами.....	283
6.1.3	Проверки пересечения.....	286
6.1.4	Пространство координат пересечений.....	287
6.1.5	Односторонность.....	288
6.1.6	Диффузные источники.....	288
6.1.7	Семплинг.....	288
6.2	Сферы.....	290
6.2.1	Ограничивающие боксы.....	293
6.2.2	Проверки пересечения.....	293
6.2.3	Площадь поверхности.....	300
6.2.4	Семплинг.....	301
6.3	Цилиндры.....	306
6.3.1	Площадь и границы.....	307
6.3.2	Проверки пересечения.....	308
6.3.3	Семплинг.....	310
6.4	Диски.....	311
6.4.1	Площадь и ограничение.....	312
6.4.2	Проверки пересечения.....	313
6.4.3	Семплинг.....	315
6.5	Сетки из треугольников.....	315
6.5.1	Представление и хранение сетки.....	317
6.5.2	Класс Triangle.....	321
6.5.3	Пересечение луч–треугольник.....	322
*6.5.4	Семплинг.....	332
6.6	Билинейчатые патчи.....	344
6.6.1	Тестирование пересечений.....	349
6.6.2	Семплинг.....	355
*6.7	Кривые.....	362
6.7.1	Ограничивающие кривые.....	365
6.7.2	Проверки пересечения.....	366
*6.8	Управление ошибкой округления.....	374
6.8.1	Арифметика чисел с плавающей запятой.....	375
6.8.2	Консервативные пересечения луч–ограничение.....	386
6.8.3	Точные квадратичные дискриминанты.....	387
6.8.4	Надежные пересечения с треугольником.....	389
6.8.5	Ошибка точки пересечения с границей.....	390
6.8.6	Надежные инициированные источники лучей.....	397
6.8.7	Избежание пересечений позади источников лучей.....	400
6.8.8	Обсуждение.....	402
	Дополнительная литература.....	403
	Упражнения.....	407

* Звездочкой отмечены разделы с продвинутым содержанием, которые можно пропустить при первом чтении.

ГЛАВА 07	ПРИМИТИВЫ И УСКОРЕНИЕ РЕНДЕРИНГА НА ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ	413
7.1	Интерфейс Primitive и геометрические примитивы	414
7.1.1	Геометрические примитивы	414
7.1.2	Инстансирование объекта и примитивы в движении	418
7.2	Агрегаты	421
7.3	Иерархии ограничивающих объемов	422
7.3.1	Конструкция BVH	423
7.3.2	Эвристика площади поверхности	430
7.3.3	Линейные иерархии ограничивающих объемов	435
7.3.4	Компактный BVH для обхода	443
7.3.5	Тесты ограничения и пересечения	445
	Дополнительная литература	449
	Упражнения	455
ГЛАВА 08	СЕМПЛИРОВАНИЕ И РЕКОНСТРУКЦИЯ	459
8.1	Теория семплирования	459
8.1.1	Частотный интервал и преобразование Фурье	461
8.1.2	Идеальный семплинг и реконструкция	463
8.1.3	Алиасинг	466
8.1.4	Понятие пикселя	467
8.1.5	Семплинг и алиасинг при рендеринге	468
8.1.6	Спектральный анализ шаблонов семплинга	470
8.2	Семплинг и интегрирование	473
*8.2.1	Дисперсный анализ Фурье	474
8.2.2	Низкое расхождение и квази-Монте-Карло	478
8.3	Интерфейс семплирования	481
8.4	Независимый семплер	484
8.5	Стратифицированный семплер	485
*8.6	Семплер Халтона	491
8.6.1	Точки Хаммерсли и Халтона	491
8.6.2	Рандомизация через скремблинг	494
8.6.3	Реализация семплера Халтона	498
8.6.4	Оценка	502
*8.7	Семплеры Sobol'	506
8.7.1	Стратификация по элементарным интервалам	508
8.7.2	Рандомизация и скремблирование	509
8.7.3	Генерация семплов Sobol'	511
8.7.4	Глобальный семплер Sobol'	512
8.7.5	Заполненный семплер Sobol'	515
8.7.6	Семплер синего шума Sobol'	517
8.7.7	Оценка	523
8.8	Реконструкция изображения	525
8.8.1	Интерфейс Filter	527
8.8.2	FilterSampler	529
8.8.3	Прямоугольный фильтр	531
8.8.4	Треугольный фильтр	533
8.8.5	Фильтр Гаусса	534
8.8.6	Фильтр Митчелла	535
8.8.7	Оконный фильтр Sinc	537
	Дополнительная литература	539
	Упражнения	545
ГЛАВА 09	МОДЕЛИ ОТРАЖЕНИЯ	547
9.1	Представление BSDF	549
9.1.1	Геометрические установки и соглашения	549
9.1.2	Интерфейс BxDF	550

9.1.3	Полусферическое отражение.....	553
9.1.4	Дельта-распределения в BSDF.....	554
9.1.5	BSDF	555
9.2	Рассеянное отражение.....	557
9.3	Зеркальное отражение и пропускание.....	559
9.3.1	Физические обоснования	559
9.3.2	Коэффициент преломления	560
9.3.3	Закон зеркального отражения.....	562
9.3.4	Закон Снелла	563
9.3.5	Уравнение Френеля.....	567
9.3.6	Уравнение Френеля для проводников.....	568
9.4	BRDF проводника.....	571
9.5	BSDF диэлектрика.....	573
9.5.1	BSDF тонкого диэлектрика	577
*9.5.2	Несимметричное рассеяние и преломление.....	579
9.6	Моделирование шероховатости с использованием теории микрограней.....	581
9.6.1	Распределение микрограней.....	583
9.6.2	Маскирующая функция	585
9.6.3	Функция маскирования-шейдинга.....	588
9.6.4	Семплинг распределения видимых нормалей	589
9.6.5	Модель Торренса–Спэрроу.....	592
9.7	BSDF шероховатого диэлектрика	597
*9.8	Измеренные BSDF.....	601
9.8.1	Базовые структуры данных	607
9.8.2	Уравнение измеренной BRDF.....	609
*9.9	Рассеяние от волос	611
9.9.1	Геометрия волос	611
9.9.2	Рассеяние от волос	613
9.9.3	Продольное рассеяние	616
9.9.4	Поглощение в волокнах	618
9.9.5	Азимутальное рассеяние	621
9.9.6	Оценка модели рассеяния	624
9.9.7	Семплинг	626
9.9.8	Коэффициент поглощения волос.....	628
	Дополнительная литература.....	629
	Упражнения.....	637
ГЛАВА 10 ТЕКСТУРЫ И МАТЕРИАЛЫ.....		641
10.1	Семплинг текстур и антиалиасинг	642
10.1.1	Определение частоты семплинга текстуры	643
10.1.2	Лучевые дифференциалы на переходе границы между двумя средами ...	650
*10.1.3	Лучевые дифференциалы для зеркального отражения и пропускания.....	651
10.1.4	Фильтрующие функции текстур.....	655
10.2	Генерация текстурных координат	657
10.2.1	UV-маппинг.....	658
10.2.2	Сферический маппинг.....	659
10.2.3	Цилиндрический маппинг	660
10.2.4	Планарный маппинг	661
10.2.5	3D-маппинг	662
10.3	Текстурный интерфейс и базовые текстуры.....	663
10.3.1	Текстура Constant.....	664
10.3.2	Текстура Scale	664
10.3.3	Текстуры Mix.....	666
10.4	Текстуры-изображения	668
10.4.1	Управление текстурной памятью	669
10.4.2	Оценка текстуры изображения	671
10.4.3	Текстуры MIP	672
10.4.4	Фильтрование изображений-текстур	675

10.5	Интерфейс материалов и его реализации	681
10.5.1	Реализации Material	685
10.5.2	Вычисление BSDF на поверхности	688
10.5.3	Нормальный маппинг	691
10.5.4	Рельефный маппинг	693
	Дополнительная литература	697
	Упражнения	701

ГЛАВА 11 ОБЪЕМНОЕ РАССЕЯНИЕ 704

11.1	Процессы объемного рассеяния	704
11.1.1	Поглощение	706
11.1.2	Эмиссия	707
11.1.3	Рассеяние на выходе и затухание	708
11.1.4	Внутреннее рассеяние	709
11.2	Пропускание	711
11.2.1	Нулевое рассеяние	714
11.3	Фазовые функции	716
11.3.1	Фазовая функция Хеньи–Гринштейна	718
11.4	Передающие среды	721
11.4.1	Интерфейс Medium	723
11.4.2	Однородная среда	726
11.4.3	Мажорантный итератор DDA	728
11.4.4	Среда с однородной сеткой	734
11.4.5	Среда с сеткой RGB	737
	Дополнительная литература	740
	Упражнения	742

ГЛАВА 12 ИСТОЧНИКИ СВЕТА 745

12.1	Интерфейс источника света	746
12.1.1	Характеристики фотометрических источников света	750
12.1.2	Класс LightBase	750
12.2	Точечные источники света	752
12.2.1	Прожекторы	754
12.2.2	Источники света, проецирующие текстуры	756
12.2.3	Гониофотометрические источники света	760
12.3	Отдаленные источники света	763
12.4	Протяженные источники света	765
12.5	Бесконечные протяженные источники света	769
12.5.1	Бесконечные источники с однородным светом	770
12.5.2	Бесконечные источники света, проецирующие изображение	772
*12.5.3	Бесконечные источники света, проецирующие изображения, ограниченные порталом	777
12.6	Семплинг источников света	785
12.6.1	Однородный семплинг источников света	786
12.6.2	Семплирование по мощности света	787
*12.6.3	Семплинг источника света с BVH	790
	Дополнительная литература	809
	Упражнения	813

ГЛАВА 13 СВЕТОВОЙ ПЕРЕНОС I: ПОВЕРХНОСТНОЕ ОТРАЖЕНИЕ 816

13.1	Уравнение светового переноса	816
13.1.1	Основной вывод	817
13.1.2	Аналитические решения для LTE	818
13.1.3	Поверхностная форма LTE	819
13.1.4	Интегралы по пути	820
13.1.5	Подынтегральная дельта-функция	822
13.1.6	Разделение подынтегральной функции	822
13.2	Трассировка пути	823

13.2.1	Обзор.....	824
13.2.2	Семплинг пути.....	825
13.2.3	Конструкция восходящего пути.....	826
13.3	Простой трассировщик пути.....	827
13.4	Улучшенный трассировщик пути.....	832
13.4.1	Регуляризация пути.....	843
	Дополнительная литература.....	845
	Упражнения.....	851

ГЛАВА 14 СВЕТОВЫЙ ПЕРЕНОС II: ОБЪЕМНЫЙ РЕНДЕРИНГ..... 854

14.1	Уравнение переноса.....	854
14.1.1	Обобщение нулевого рассеяния.....	856
14.1.2	Расчет уравнения переноса.....	857
14.1.3	Семплинг мажорантного пропускания.....	858
*14.1.4	Обобщенное пространство путей.....	863
*14.1.5	Оценка объемного интеграла пути.....	866
14.2	Интеграторы объемного рассеяния.....	868
14.2.1	Простой объемный интегратор.....	868
*14.2.2	Совершенствование методов семплинга.....	873
*14.2.3	Улучшенный объемный интегратор.....	877
14.3	Рассеяние на слоистых материалах.....	890
14.3.1	Одномерное уравнение переноса.....	891
14.3.2	Слоистая VxDF.....	893
14.3.3	Проводники и диффузные материалы с покрытием.....	906
	Дополнительная литература.....	907
	Упражнения.....	912

ГЛАВА *15 РЕНДЕРИНГ ВОЛНОВОГО ФРОНТА НА GPU..... 915

15.1	Отображение трассировки пути на GPU.....	917
15.1.1	Базовая архитектура GPU.....	917
15.1.2	Структуризация вычислений рендеринга.....	923
15.1.3	Обзор системы.....	925
15.2	Фундамент реализации.....	927
15.2.1	Спецификация обработки и пространства памяти.....	927
15.2.2	Запуск ядер на GPU.....	928
15.2.3	Схема массивов структур.....	929
15.2.4	Очереди обработки.....	933
15.3	Реализация трассировщика пути.....	937
15.3.1	Запуск работы.....	939
15.3.2	Метод Render().....	939
15.3.3	Генерация лучей камеры.....	941
15.3.4	Цикл по глубине луча.....	945
15.3.5	Генерация семплов.....	947
15.3.6	Тестирование пересечений.....	949
15.3.7	Передающие среды.....	952
15.3.8	Эмиссия, порожденная лучами.....	953
15.3.9	Поверхностное рассеяние.....	956
15.3.10	Теневые лучи.....	966
15.3.11	Обновление Film.....	967
	Дополнительная литература.....	968
	Упражнения.....	970

ГЛАВА 16 РЕТРОСПЕКТИВА И БУДУЩЕЕ..... 974

16.1	История pbrt.....	974
16.2	Альтернативы.....	976
16.2.1	Внеядерный рендеринг.....	977
16.2.2	Прешейдинг микрополигональных сеток.....	977
16.2.3	Пакетный трейсинг.....	978

16.2.4	Интерактивный и анимационный рендеринг	980
16.2.5	Специализированная компиляция	980
16.3	Новейшие темы	981
16.3.1	Обратный и дифференцируемый рендеринг.....	981
16.3.2	Машинное обучение и рендеринг.....	986
16.4	Будущее	989
16.5	Заключение	990

ПРИЛОЖЕНИЕ А АЛГОРИТМЫ СЕМПЛИНГА..... 991

A.1	Метод псевдонима.....	991
A.2	Резервуарный семплинг.....	995
A.3	Метод отбраковки.....	998
A.4	Семплинг одномерных функций.....	999
A.4.1	Семплинг треугольной функции.....	1000
A.4.2	Семплинг экспоненциальных распределений.....	1000
A.4.3	Семплинг функции Гаусса	1001
A.4.4	Семплинг логистической функции.....	1002
A.4.5	Семплинг функции на интервале	1003
A.4.6	Семплинг неинвертируемых CDFS	1004
A.4.7	Семплинг кусочно-постоянных одномерных функций	1005
A.5	Семплинг многомерных функций.....	1009
A.5.1	Семплинг единичного диска	1009
A.5.2	Однородный семплинг полусфер и сфер.....	1012
A.5.3	Косинусно-взвешенный семплинг полусферы	1013
A.5.4	Семплинг внутри конуса	1015
A.5.5	Кусочно-постоянные двумерные распределения	1015
A.5.6	Оконные кусочно-постоянные двумерные распределения	1018
	Дополнительная литература.....	1025
	Упражнения.....	1027

ПРИЛОЖЕНИЕ В УТИЛИТЫ 1028

V.1	Запуск системы, очистка и опции	1028
V.2	Математическая инфраструктура	1029
V.2.1	Основные алгебраические функции.....	1030
V.2.2	Целые степени и многочлены	1031
V.2.3	Тригонометрические функции	1032
V.2.4	Логарифмическая и степенная функции	1032
V.2.5	Трансцендентные и специальные функции	1034
V.2.6	Интервальный поиск	1035
V.2.7	Битовые операции	1036
V.2.8	Хеширование и случайные перестановки.....	1038
*V.2.9	Безошибочные преобразования	1039
V.2.10	Нахождение нулей.....	1041
V.2.11	Надежная оценка дисперсии.....	1044
V.2.12	Квадратные матрицы.....	1045
V.2.13	Безье-сплайны.....	1047
V.2.14	Генерация псевдослучайных чисел.....	1050
V.2.15	Интервальная арифметика.....	1053
V.3	Интерактивность	1056
V.3.1	Работа с файлами	1057
V.3.2	Кодирование символов и Unicode	1057
V.3.3	Печать и форматирование строк	1059
V.3.4	Сообщения о ошибках	1060
V.3.5	Логирование	1060
V.3.6	Оператор контроля и отслеживание ошибок при выполнении	1061
V.3.7	Отображение изображений	1063
V.3.8	Рапорт о процессе выполнения.....	1063
V.4	Контейнеры и управление памятью	1064

В.4.1	Двумерные массивы	1065
В.4.2	Интернированные объекты.....	1066
*В.4.3	Наборы типов	1067
В.4.4	Тегированные указатели	1068
В.4.5	Трехмерный семплинг.....	1072
В.4.6	Эффективная временная аллокация памяти	1073
В.5	Изображения	1075
В.5.1	Работа со значениями пикселей	1077
В.5.2	Операции на всем изображении.....	1079
В.5.3	Чтение и сохранение изображений	1080
В.5.4	Изменение размера изображения	1082
В.5.5	Пирамиды изображений	1086
В.5.6	Кодировки цвета	1089
В.6	Параллельная обработка	1090
В.6.1	Конкуренция потоков данных и координация	1091
В.6.2	Атомики с плавающей запятой.....	1094
В.6.3	Модели с когерентностью памяти и производительность	1095
В.6.4	Пулы потоков и выполнение параллельных задач	1096
В.6.5	Функция Parallel для циклов	1100
В.6.6	Асинхронные задачи.....	1103
В.6.7	Переменные локального потока	1106
В.7	Статистика	1107
В.7.1	Реализация	1109
	Дополнительная литература.....	1110
	Упражнения.....	1111
	ПРИЛОЖЕНИЕ С ОБРАБОТКА ОПИСАНИЯ СЦЕНЫ	1112
С.1	Токенизация и парсинг	1113
С.2	Управление описанием сцены.....	1115
С.2.1	Сущности сцены.....	1116
С.2.2	Словари параметров	1117
С.2.3	Отслеживание графического статуса.....	1121
С.2.4	Создание элементов сцены	1125
С.3	Создание BasicScene и финальных объектов	1126
С.4	Добавление новых реализаций объекта	1129
	Дополнительная литература.....	1130
	Упражнения.....	1130
	ССЫЛКИ.....	1132
	ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	1182