helion.pl
KSIĘGARNIA INTERNETOWA WYDAWNICTWO

IDŹ DO
PRZYKŁADOWY ROZDZIAŁ
SPIS TREŚCI

KATALOG KSIĄŻEK
KATALOG ONLINE
ZAMÓW DRUKOWANY KATALOG

TWÓJ KOSZYK
DODAJ DO KOSZYKA

CENNIK I INFORMACJE
ZAMÓW INFORMACJE O NOWOŚCIACH
ZAMÓW CENNIK

CZYTELNIA
FRAGMENTY KSIĄŻEK ONLINE

3ds max 4.
Techniki modelowania. Biblia

Autor: Kelly L. Murdock
Tłumaczenie: Wojciech Pazdur
ISBN: 83-7197-664-X
Tytuł oryginału: 3ds max 4 Bible
Format: B5, stron: 312
Zawiera CD-ROM



Modelowanie to podstawa – fundament w budowaniu każdej wirtualnej sceny, którą chcemy przedstawić w trzech wymiarach. Chociaż niektórzy twierdzą, że końcowy rezultat naszej pracy nad grafiką zależy w większym stopniu od oświetlenia, materiałów przypisanych obiektom, choreografii postaci czy postprodukcji, to tak naprawdę każdy z wymienionych etapów wymaga, aby scena zawierała odpowiednio przygotowane modele. Innymi słowy – bez modelowania ani rusz, a jeśli zastanawiasz się, jak zabrać się do jego nauki, niniejsza książka powinna rozwiązać ten problem.

Druga część „Biblii" MAX-a (poprzednia nosi tytuł „3D Studio MAX 3.x. Techniki i narzędzia animacyjne") została poświęcona opisowi wybranych technik modelowania trójwymiarowych obiektów w tym programie. Autor, pisząc książkę, opierał się na wersji 4.0 MAX-a, jednak praktycznie wszystkie przedstawione tu informacje są aktualne dla nowszej wersji programu – 4.2, a większość zawartej w książce wiedzy można także wykorzystać, pracując z poprzednimi wersjami MAX-a, oznaczonymi jako 3.0 i 3.1.

Układ książki został zaplanowany w taki sposób, aby czytelnik mógł stopniowo zapoznawać się z coraz bardziej złożonymi i wyrafinowanymi technikami modelowania – począwszy od budowania prostej sceny z gotowych obiektów (rozdział 1.), a skończywszy na konstruowaniu nowych typów obiektów parametrycznych przy użyciu własnoręcznie napisanego pluginu (rozdział 15.). Jeśli dopiero uczysz się obsługi MAX-a, powinieneś zacząć od pierwszego rozdziału i po kolei przestudiować następne, wykonując po drodze wszystkie opisane przez Autora ćwiczenia. Powód jest prosty: w większości rozdziałów wymaga się od czytelnika przyswojenia pewnych podstawowych wiadomości, które są opisywane na początku książki. Jeśli natomiast posiadasz już pewne doświadczenie w pracy z MAX-em, możesz od razu przejść do czytania najbardziej interesujących cię zagadnień.

Wydawnictwo Helion
ul. Chopina 6
44-100 Gliwice
tel. (32)230-98-63
e-mail: helion@helion.pl

Rzut oka na książkę

O Autorze 13
Od tłumacza — tytułem wstępu 15

Część I Poznajemy 3ds MAX 4 19
Rozdział 1. Animacja lotu odrzutowca 21

Część II Praca z obiektami 47
Rozdział 2. Precyzyjne transformacje 49
Rozdział 3. Klonowanie 67
Rozdział 4. Modyfikatory 83

Część III Modelowanie 93
Rozdział 5. Podstawy modelowania 95
Rozdział 6. Siatki 109
Rozdział 7. Powierzchnie sklejane 131
Rozdział 8. Obiekty złożone 145
Rozdział 9. Powierzchnie NURBS 189

Część IV Materiały 199
Rozdział 10. Mapy i materiały 201

Część V Światła, kamery i rendering sceny 225
Rozdział 11. Światło 227
Rozdział 12. Kamery 241
Rozdział 13. Rendering sceny i efekty atmosferyczne 251

Część VI Dla zaawansowanych 265
Rozdział 14. Łączenie parametrów 267
Rozdział 15. Tworzenie własnych pluginów 273

Dodatki 301
Dodatek A CD-ROM dołączony do książki 303
Skorowidz 307

Spis treści

O Autorze 13

Od tłumacza — tytułem wstępu 15

Część I Poznajemy 3ds MAX 4 19

Rozdział 1. Animacja lotu odrzutowca 21

Budowanie sceny 21
Ćwiczenie. Import gotowego modelu 22
Ćwiczenie. Przypisywanie materiałów 23
Ćwiczenie. Ustawianie tła 27
Ćwiczenie. Dodanie modelu budynku 30
Ćwiczenie. Kamery i światła 32
Animacja odrzutowca 35
Ćwiczenie. Tworzenie ścieżki animacji 36
Ćwiczenie. Przypisywanie kontrolera 37
Ćwiczenie. Dym 41
Renderowanie animacji 43
Ćwiczenie. Podgląd animacji 43
Ćwiczenie. Końcowy rendering 44

Część II Praca z obiektami 47

Rozdział 2. Precyzyjne transformacje 49

Transformacje w praktyce 49
Ćwiczenie. Odtwarzanie rozgrywki szachowej 49
Ćwiczenie. Nakrywanie do stołu 51
Ćwiczenie. Lepienie bałwana 52
Polecenia z grupy Align 53
Wyrównywanie obiektów 53
Wyrównywanie normalnych 55
Ćwiczenie. Naszyjnik z pereł 55
Wyrównywanie do widoku 57
Ćwiczenie. Konstrukcja z rur 57
Siatki konstrukcyjne 59
Główna siatka konstrukcyjna 59
Tworzenie i aktywacja własnych siatek konstrukcyjnych 59
Narzędzie AutoGrid 60
Ćwiczenie. Kolorowa gąsienica 60
Przyciąganie kursora (Snap) 62
Punkty przyciągania 63
Opcje przyciągania 64
Ćwiczenie. Cząsteczka metanu 64

Rozdział 3. Klonowanie 67
Opcje klonowania 67
Kopie, klony i odnośniki 67
Ćwiczenie. Pluszowe misie 68
Szeregowanie obiektów 69
Szeregi liniowe 70
Ćwiczenie. Budowa płotu 70
Ćwiczenie. Napełnianie spiżarni 71
Szeregi koliste 72
Ćwiczenie. „Diabelski młyn” 73
Szeregi spiralne 74
Ćwiczenie. Spiralne schody 74
Klonowanie w czasie 75
Narzędzie Snapshot 76
Ćwiczenie. Mysz w labiryncie 76
Odbicia lustrzane 77
Narzędzie Mirror 77
Ćwiczenie. Modelowanie postaci za pomocą odbicia lustrzanego 78
Rozmieszczanie klonowanych obiektów 79
Narzędzie Spacing 79
Ćwiczenie. Kolejka górska 80
System Ring Array 81

Rozdział 4. Modyfikatory 83
Stos modyfikatorów 83
Przypisywanie modyfikatorów 83
Usuwanie modyfikatorów 84
Zmiana nazwy modyfikatora 85
Kopiowanie i wklejanie modyfikatorów 85
Zmiana kolejności modyfikatorów 86
Ćwiczenie. Kolejność modyfikatorów na stosie 86
Dezaktywacja modyfikatorów 87
Scalanie stosu modyfikatorów 87
Narzędzie Collapse 88
Praca z gizmem modyfikatora 89
Ćwiczenie. Transformacja gizma 89
Modyfikacja na poziomie struktury obiektu 89
Tworzenie własnych zestawów modyfikatorów 90
Klonowanie modyfikatorów 91

Część III Modelowanie 93

Rozdział 5. Podstawy modelowania 95
Obiekty parametryczne oraz nieparametryczne 95
Metody modelowania 96
Wykorzystanie obiektów parametrycznych 97
Ćwiczenie. Skrzynia skarbów 97
Tworzenie własnych parametrów 98
Praca na poziomie struktury obiektu 99
Miękka selekcja (Soft Selection) 100
Stosowanie modyfikatorów na poziomie struktury 101
Ćwiczenie. Roztapianie lodów 101

Modele o niskiej szczegółowości 102
Narzędzie Polygon Counter 102
Narzędzie Level of Detail 103
Ćwiczenie. Elastyczny model żółwia 104
Tworzenie obiektów trójwymiarowych na podstawie splajnów 105
Narzędzie Shape Check 105
Obiekty wytłaczane 106
Bryły obrotowe 106
Ćwiczenie. Porcelanowy tygiel 107

Rozdział 6. Siatki 109

Tworzenie obiektów siatkowych 109
Konwertowanie obiektów do postaci siatkowej 110
Scalanie stosu modyfikatorów 110
Modyfikator Edit Mesh 110
Obiekty typu Editable Mesh a Editable Poly 110
Edycja obiektów siatkowych 111
Edycja na poziomie struktury 111
Roleta Selection 112
Roleta Edit Geometry 113
Edycja wierzchołków (Vertex) 114
Edycja krawędzi (Edge) 119
Edycja brzegów (Border), ścianek (Face i Polygon) oraz elementów (Element) 122
Ćwiczenie. Głowa klauna 127
Ćwiczenie. Naprawianie zaimportowanych siatek 128
Ćwiczenie. Aztecka piramida 129

Rozdział 7. Powierzchnie sklejane 131

Wprowadzenie 131
Tworzenie łat (Patches) 131
Edycja powierzchni sklejanych 132
Obiekty typu Editable Patch a modyfikator Edit Patch 133
Zaznaczanie elementów struktury 133
Edycja wierzchołków (Vertex) 135
Edycja krawędzi (Edge) 139
Edycja łat (Patch) i elementów (Element) 140
Rozluźnianie łat 143

Rozdział 8. Obiekty złożone 145

Typy obiektów złożonych 145
Obiekty typu Morph 146
Tworzenie kluczy morfingu 147
Obiekty typu Morph a modyfikator Morpher 147
Ćwiczenie. Przekuwanie szabli w młotek 147
Tworzenie obiektów typu Conform 148
Ustalanie kierunku rzutowania wierzchołków 149
Ćwiczenie. Blizna 150
Tworzenie obiektów typu ShapeMerge 151
Opcje Cookie Cutter oraz Merge 152
Ćwiczenie. Wykorzystanie obiektu ShapeMerge 153
Tworzenie obiektów typu Terrain 154
Kolorowanie wzniesień 155
Ćwiczenie. Wyspa 155
Konwersja obiektów do postaci siatki za pomocą obiektu Mesher 156

Tworzenie obiektów typu Scatter ... 157
Obiekty rozpraszane (Source) ... 158
Obiekty rozpraszające (Distribution) ... 159
Transformacje kopii obiektu rozpraszanego ... 160
Przyspieszanie wyświetlania za pomocą obiektów zastępczych (Proxy) ... 160
Zapisywanie i wczytywanie ustawień ... 161
Ćwiczenie. Pudełko z pająkami ... 161
Ćwiczenie. Dzikie winorośle ... 162
Ćwiczenie. Las na wyspie ... 163
Tworzenie obiektów typu Connect ... 163
Ćwiczenie. Ławka parkowa ... 165
Modelowanie przy użyciu obiektów boolowskich ... 166
Dodawanie obiektów (Union) ... 167
Wyznaczanie części wspólnej obiektów (Intersection) ... 167
Odejmowanie obiektów (Subtraction) ... 168
Przycinanie obiektów (Cut) ... 169
Kilka praktycznych rad ... 169
Ćwiczenie. Drewniany domek ... 171
Obiekty typu Loft ... 174
Opcje Get Shape i Get Path ... 174
Główne parametry powierzchni ... 175
Parametry ścieżki ... 175
Dodatkowe parametry powierzchni ... 175
Ćwiczenie. Wieszak ... 176
Deformacje obiektów wytłaczanych ... 177
Okno deformacji ... 178
Deformacja skali (Scale) ... 180
Deformacja skręcenia (Twist) ... 180
Deformacja przechyłu (Teeter) ... 181
Deformacja fazowania (Bevel) ... 181
Deformacja dopasowania (Fit) ... 183
Edycja struktury obiektów typu Loft ... 183
Porównywanie kształtów na ścieżce ... 184
Edycja ścieżek ... 185
Ćwiczenie. Drapowane kotary ... 186

Rozdział 9. Powierzchnie NURBS ... 189

Edycja obiektów NURBS ... 189
Powierzchnie typu U Loft ... 189
Ćwiczenie. Łyżka ... 189
Powierzchnie typu UV Loft ... 191
Powierzchnie obrotowe (Lathe) ... 191
Ćwiczenie. Wazon ... 192
Powierzchnie typu 1-Rail i 2-Rail ... 192
Ćwiczenie. Łodyżka kwiatu ... 193
Kształtowanie prostokątnej powierzchni NURBS ... 194
Ćwiczenie. Listek ... 194
Ćwiczenie. Płatek kwiatu ... 195

Część IV Materiały ... 199

Rozdział 10. Mapy i materiały ... 201

Tworzenie nowej biblioteki materiałów ... 201
Łączenie map i materiałów ... 202
Ćwiczenie. Kosmiczne tekstury ... 202
Ćwiczenie. Postarzanie obiektów ... 204

Animacja materiałów....206
Ćwiczenie. Przyciemnianie światła....207
Sekwencje obrazów (IFL)....208
Generowanie pliku IFL narzędziem IFL Manager....209
Ćwiczenie. Co w telewizji?....209
Stosowanie wielu materiałów w jednym obiekcie....211
Numery identyfikacyjne materiału (Material ID)....211
Ćwiczenie. Kostka do gry....212
Edycja materiałów za pomocą modyfikatorów....213
Ćwiczenie. „Naklejanie" logo (modyfikator UVW Map)....213
Ćwiczenie. Obramowanie z żarówek (modyfikator MaterialByElement)....215
Modyfikator Unwrap UVW....216
Ćwiczenie. Mapowanie głowy misia....219
Malowanie wierzchołków (Vertex Paint)....221
Ćwiczenie. Kolorowanie modelu serca....221
Modelowanie geometrii za pomocą map....221
Mapowanie przemieszczeń (Displacement)....222
Ćwiczenie. Fantastyczny krajobraz....222
Usuwanie współrzędnych mapowania i materiałów....223

Część V Światła, kamery i rendering sceny....225

Rozdział 11. Światło....227
Narzędzie Light Lister....227
Ćwiczenie. Mrugające gwiazdy....228
System Sunlight....229
Obiekt pomocniczy Compass....230
Azymut i wysokość Słońca nad horyzontem....230
Ustalanie daty i pory dnia....231
Ustalanie położenia....231
Ćwiczenie. Dzień w trzy sekundy....231
Światło wolumetryczne (Volume Light)....233
Parametry świateł wolumetrycznych....233
Ćwiczenie. Przednie światła samochodu....234
Ćwiczenie. Promień lasera....235
Projekcja map i cienie typu Raytraced....237
Ćwiczenie. Rzutowanie obrazu trąbki na scenę....238
Ćwiczenie. Witraż....239

Rozdział 12. Kamery....241
Parametry kamery....241
Obiektyw a pole widzenia....241
Typy kamer i opcje wyświetlania....243
Zakresy środowiska i płaszczyzny tnące....243
Efekty Multi-Pass....243
Ćwiczenie. Głębia ostrości....245
Narzędzie Camera Match....245
Punkty pasowania....246
Ćwiczenie. Przejażdżka po Rzymie....247

Rozdział 13. Rendering sceny i efekty atmosferyczne....251
Moduły renderujące MAX-a....251
Podgląd sceny w oknie ActiveShade....252
Pływające okno ActiveShade....253
Tryb ActiveShade w oknie widokowym....254

Obiekty pomocnicze w efektach atmosferycznych 254
Wprowadzanie efektów atmosferycznych 255
Efekt ognia (Fire Effect) 256
Ćwiczenie. Słońce 259
Ćwiczenie. Chmury 260
Efekt mgły (Fog) 260
Mgła wolumetryczna (Volume Fog) 262
Ćwiczenie. Scena na bagnach 263
Światło wolumetryczne (Volume Light) 264

Część VI Dla zaawansowanych 265

Rozdział 14. Łączenie parametrów 267
Okno Parameter Wiring 267
Manipulatory 269
Ćwiczenie. Paszcza krokodyla 270

Rozdział 15. Tworzenie własnych pluginów 273
MAX a moduły rozszerzające 273
Wymagania 274
Rodzaje pluginów 274
Środowisko pracy 276
Ćwiczenie. Wyróżnianie różnych elementów składni 276
Ćwiczenie. Ładowanie próbnego projektu 277
Ćwiczenie. Opcje projektu 278
Tworzenie pierwszego pluginu 280
Cel projektu 280
Przegląd plików projektu 281
Ćwiczenie. Pierwsza próba 284
Definiowanie nowego parametru 284
Ćwiczenie. Analiza błędów 286
Plugin do tworzenia kół zębatych 287
Współpraca z myszą 287
Budowanie siatki obiektu 290
Udoskonalenie pluginu 299

Dodatki 301

Dodatek A CD-ROM dołączony do książki 303
Pliki do ćwiczeń opisywanych w książce 303
Pluginy 304
Modele 3D 305
Oprogramowanie w wersjach demonstracyjnych 305

Skorowidz 307

Rozdział 6.
Siatki

Siatki (lub — inaczej — powierzchnie zbudowane z wieloboków) są prawdopodobnie najpopularniejszymi obiektami w programach do modelowania trójwymiarowego. Wieloboki (ścianki) wchodzące w skład takiej siatki stykają się krawędziami i przy odpowiednim ich zagęszczeniu oraz wygładzeniu możemy otrzymywać dowolnie ukształtowane powierzchnie: od najprostszych brył, takich jak sześcian, do bardzo skomplikowanych obiektów, jak na przykład realistyczny model dinozaura.

Obiekty siatkowe posiadają wiele zalet. Są one bardzo rozpowszechnione, praca z nimi jest dość intuicyjna i większość programów 3D posiada rozbudowane narzędzia do operowania na siatkach. W niniejszym rozdziale poznasz zagadnienia związane z wykorzystaniem dwóch typów siatek w MAX-ie (*Editable Mesh* i *Editable Poly*) oraz nabierzesz wprawy w posługiwaniu się niektórymi modyfikatorami służącymi do edycji siatek.

Tworzenie obiektów siatkowych

W panelu *Create* nie istnieje żadne narzędzie służące do bezpośredniego tworzenia obiektów siatkowych — aby utworzyć siatkę, należy wykonać konwersję innego typu obiektu lub użyć odpowiedniego modyfikatora. Obiekty, które możesz przekształcać w siatki, to między innymi kształty (*Shapes*), obiekty podstawowe (*Primitives*), obiekty będące wynikiem operacji boolowskich (*Boolean*), powierzchnie sklejane (*Patches*) i powierzchnie *NURBS*. Wiele importowanych obiektów pojawia się w scenie MAX-a jako siatki — dotyczy to między innymi formatów 3DS i DXF.



Nawet splajny mogą być przekształcane w siatki, niezależnie od tego, czy są one zamknięte, czy otwarte. Jeśli chodzi o zamknięte splajny, program wypełni krzywą wielobokami, natomiast w przypadku otwartych splajnów powstaną jedynie wierzchołki siatki — przy braku jakichkolwiek widocznych ścianek.

Zanim użyjesz któregokolwiek z omawianych w tym rozdziale narzędzi do edycji siatek, musisz przekonwertować dany obiekt w siatkę typu *Editable Mesh* lub *Editable Poly* albo scalić stos modyfikatorów, ewentualnie przypisać obiektowi modyfikator *Edit Mesh*.

Konwertowanie obiektów do postaci siatkowej

Aby przekonwertować obiekt w siatkę typu *Editable Mesh* lub *Editable Poly*, kliknij go prawym przyciskiem myszy i z menu podręcznego wybierz polecenie *Convert To> Convert to Editable Mesh* lub *Convert To Editable Poly*. Możesz też kliknąć prawym przyciskiem myszy nazwę obiektu na stosie modyfikatorów w bocznym panelu *Modify* i wybrać jedno z wymienionych wyżej poleceń (dotyczy to tylko sytuacji, gdy obiektowi nie zostały przypisane żadne modyfikatory — w przeciwnym razie musisz scalić stos modyfikatorów poleceniem *Collapse All*).

Scalanie stosu modyfikatorów

Gdy scalisz stos modyfikatorów, tracisz możliwość parametrycznego operowania wcześniej przypisanymi modyfikatorami. Operację tę można przeprowadzić, co jest dość oczywiste, jedynie na obiektach, którym uprzednio przypisywałeś modyfikatory. Po wybraniu polecenia *Collapse All* z menu podręcznego w bocznym panelu *Modify* obiekt zazwyczaj przekształcany jest w siatkę typu *Editable Mesh*. Zamiast tego polecenia możesz posłużyć się narzędziem *Collapse* z bocznego panelu *Utilities*.



Narzędzie *Collapse* opisane zostało w rozdziale 4., zatytułowanym „Modyfikatory".

Chociaż większość obiektów po scaleniu stosu modyfikatorów konwertowana jest w siatkę typu *Editable Mesh*, jeśli chcesz, możesz przekształcić je później w siatkę typu *Editable Poly*, używając polecenia *Convert to Editable Poly* z menu podręcznego lub przypisując im modyfikator *Select Poly*.

Modyfikator Edit Mesh

Innym sposobem pozwalającym na edycję siatki obiektu jest zastosowanie modyfikatora *Edit Mesh*. Modyfikator ten przypisujemy obiektowi za pomocą polecenia *Modifiers> Mesh Editing>Edit Mesh* lub dzięki wybraniu pozycji *Edit Mesh* z rozwijanej listy w bocznym panelu *Modify*.

Modyfikator *Edit Mesh* funkcjonuje nieco inaczej niż obiekt typu *Editable Mesh*, ponieważ zachowuje w dole stosu modyfikatorów informację o oryginalnym obiekcie. Dzięki temu możesz wrócić w dół stosu modyfikatorów i na przykład zmienić promień sfery, którą przekształcasz przy użyciu modyfikatora *Edit Mesh*, co w przypadku konwersji sfery do obiektu typu *Editable Mesh* byłoby niemożliwe.

Obiekty typu Editable Mesh a Editable Poly

Ścianki obiektu typu *Editable Mesh*, niezależnie od struktury krawędzi, są zawsze dzielone na trójkąty, natomiast w przypadku obiektów *Editable Poly* ściankami mogą być dowolne wieloboki (choć w rzeczywistości tutaj również ścianki składają się z trójkątów, tyle że trójkąty te są niewidoczne podczas edycji). Istotniejsza z punktu widzenia edycji jest różnica w podobiektach. W siatce *Editable Mesh* operujemy na poziomie wierzchołków (*Vertex*), krawędzi (*Edge*), trójkątów (*Face* — inna nazwa to „płaszczyzny

elementarne") oraz wieloboków (*Polygon*), przy czym każdy wielobok jest dzielony na odpowiednią liczbę trójkątów. Dodatkowo siatka *Editable Mesh* może być podzielona na tak zwane elementy (*Element*), czyli bryły podrzędne, składające się z połączonych ze sobą ścianek. W obiektach typu *Editable Poly* możemy poddawać edycji wierzchołki (*Vertex*), krawędzie (*Edge*), brzegi (*Border*), wieloboki (*Polygon*) oraz elementy (*Element*).

Sposób edycji obydwu typów siatek nie różni się w zasadniczy sposób, istnieją jednak narzędzia i funkcje, które dostępne są tylko dla jednej lub drugiej klasy obiektów. Na następnych stronach omówimy te różnice i ich praktyczne znaczenie.

Edycja obiektów siatkowych

Gdy przekonwertujesz obiekt w siatkę typu *Editable Mesh* lub *Editable Poly*, możesz dalej ją kształtować, używając odpowiednich modyfikatorów lub pracując na różnych poziomach struktury obiektu. W panelu *Modify* istnieje wiele narzędzi służących do pracy na podobiektach siatek.



Gdy konwertujesz otwarty splajn w obiekt typu *Editable Mesh* lub *Editable Poly*, nie posiada on ścianek ani krawędzi, więc początkowo możesz jedynie modyfikować wierzchołki w trybie *Vertex*.

Edycja na poziomie struktury

Zanim zmodyfikujesz podobiekty siatki, musisz je najpierw zaznaczyć (wyselekcjonować). W tym celu, po zaznaczeniu siatki jako obiektu, przejdź do bocznego panelu *Modify* i kliknij mały znak plus po lewej stronie stosu modyfikatorów (obok pozycji *Editable Mesh* lub *Editable Poly*). Wyświetlona zostanie lista poziomów struktury obiektu, pozwalająca wybrać ten poziom, na którym chcesz dalej pracować. Zamiast tego możesz też włączyć jedną z czerwonych ikon w górze rolety *Selection* — odpowiadają one kolejnym poziomom struktury. W obu przypadkach jedna z pozycji na stosie modyfikatorów oraz odpowiadająca jej ikona zostaną wyróżnione żółtym kolorem.

Aby wyjść z trybu edycji podobiektów, wyłącz wyróżnioną na żółto ikonę. Pamiętaj, że w celu zaznaczenia zupełnie innego obiektu musisz wyjść z trybu edycji struktury bieżącego obiektu.



Zaznaczone podobiekty są wyświetlane w oknach widokowych na czerwono, dzięki czemu możesz odróżniać je od pozostałych podobiektów (które w bieżącej siatce są wyświetlane na biało).

Gdy pracujesz na poziomie struktury obiektu, możesz zaznaczać poszczególne podobiekty kliknięciami kursora lub rozciągnięciem nad nimi ramki selekcji. Po zaznaczeniu podobiekty mogą być między innymi transformowane przy użyciu standardowych funkcji z głównego paska narzędziowego.



Więcej informacji na temat transformowania obiektów znajdziesz w rozdziale 2., „Precyzyjne transformacje".

Jeśli chcesz równocześnie zaznaczyć więcej podobiektów, przeciągnij nad nimi kursorem, definiując ramkę selekcji obejmującą pożądane elementy. Możesz też przytrzymać klawisz *Ctrl* i klikać kolejne podobiekty, a zostaną one dodane do zaznaczenia. Gdy — trzymając klawisz *Ctrl* — klikniesz jeden z zaznaczonych elementów, usuniesz jego zaznaczenie. Wciśnięcie klawisza *Alt* również pozwala wyłączać zaznaczenie odpowiednich elementów, przy czym możliwe jest tu rozciąganie nad zaznaczonymi podobiektami ramki wyłączającej zaznaczenie tych elementów, które znajdą się w jej obrębie.

Po włączeniu narzędzia selekcji i przesunięcia (*Select and Move*) na głównym pasku narzędziowym możesz przytrzymać klawisz *Shift* podczas przeciągania podobiektu, a utworzysz jego kopię. Gdy wykonasz tę operację, na ekranie pojawi się okno dialogowe *Clone Part of Mesh*, w którym znajdują się opcje *Clone To Object* i *Clone To Element*. Jeśli włączysz pierwszą z nich, utworzysz zupełnie nowy obiekt, któremu możesz nadać odpowiadającą ci nazwę (w polu tekstowym obok opcji *Clone To Object*). Jeżeli wybierzesz opcję *Clone To Element*, skopiowany fragment siatki stanie się nowym podobiektem należącym do bieżącego obiektu.

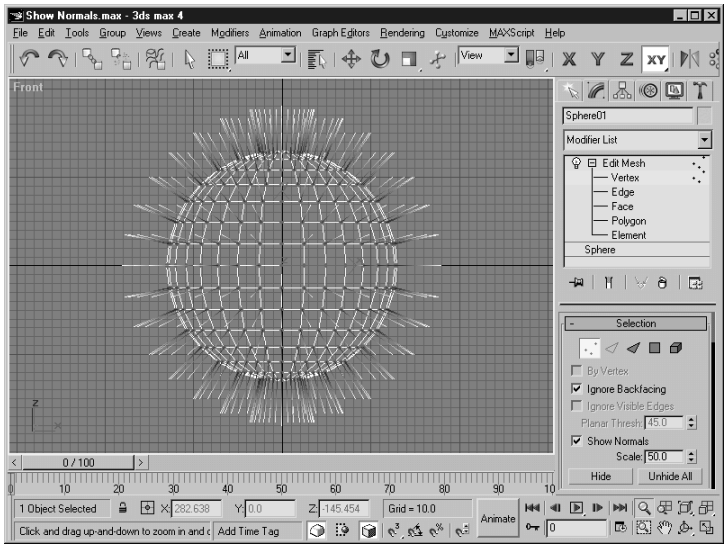
Roleta Selection

Opcja *By Vertex* dostępna jest na wszystkich poziomach struktury oprócz poziomu edycji wierzchołków (*Vertex*). Jeśli ją włączysz, aby zaznaczyć jakiś podobiekt (krawędź, ściankę, element), będziesz musiał kliknąć jeden z wierzchołków należących do tego podobiektu. Zaznaczane są przy tym wszystkie krawędzie i ścianki, do których należy ten wierzchołek. Włączenie opcji *Ignore Backfacing* sprawia, że selekcjonowane mogą być tylko podobiekty zwrócone w stronę użytkownika, to znaczy należące do ścianek, w których normalne są skierowane w stronę widza, a nie w głąb okna widokowego. Jeżeli na przykład klikasz ścianki sfery, zaznaczone zostaną tylko te z nich, które leżą po stronie bliższej ciebie. Gdy wyłączysz opcję *Ignore Backfacing*, będziesz mógł zaznaczać ścianki zwrócone i w twoją, i w przeciwną stronę. Opcja ta ułatwia selekcjonowanie podobiektów w sytuacji, gdy wzajemnie się one przysłaniają.

Z opcji *Ignore Visible Edges* możemy korzystać tylko w trybie edycji wieloboków dla siatek typu *Editable Mesh*. Dzięki tej opcji możemy zaznaczać pojedynczym kliknięciem wszystkie wieloboki leżące w jednej płaszczyźnie lub takie, pomiędzy którymi kąt nie jest większy od wartości określonej w polu *Planar Thresh*. Jeżeli opcja ta jest wyłączona, pojedyncze kliknięcie zaznaczy tylko jeden wielobok, ograniczony widocznymi w oknie widokowym krawędziami. Jeśli na przykład klikniesz jedną ze ścianek sfery przy domyślnym ustawieniu parametru *Planar Thresh* (45°), wszystkie pozostałe ścianki mogą zostaną równocześnie zaznaczone. Przy mniejszych wartościach tego parametru (na przykład do 10°), zaznaczane będą tylko mniejsze lub większe fragmenty powierzchni siatek, co zależy już głównie od gładkości siatki i wzajemnego ustawienia ścianek względem siebie.

W przypadku siatek typu *Editable Mesh*, we wszystkich trybach edycji oprócz *Edge*, możesz włączyć opcję *Show Normals*, która powoduje wyświetlenie normalnych, czyli wektorów prostopadłych do podobiektów w siatce. Używając tej opcji, możesz stwierdzić, czy ścianki obiektu są zwrócone na zewnątrz, czy do wewnątrz bryły, co z kolei może mieć wpływ na wygładzanie siatki. Na rysunku 6.1 pokazano sferę, w której zaznaczono wszystkie wierzchołki i włączono opcję *Show Normals*.

Rysunek 6.1.
Po włączeniu opcji Show Normals wyświetlane są normalne podobiektów





Opcja *Show Normals* jest nowym elementem rolety *Selection* (w poprzedniej wersji MAX-a miała ona swój odpowiednik w rolecie *Surface Properties* dla trójkątów i wieloboków).

Przycisk *Hide* służy do ukrywania zaznaczonych podobiektów. Jeśli chcesz, aby ukryte podobiekty stały się znów widoczne, kliknij przycisk *Unhide All*.

Po zaznaczeniu podobiektów możesz zapisać je jako nowy zestaw selekcji (*Selection Set*), wprowadzając nazwę zestawu na rozwijanej liście na głównym pasku narzędziowym MAX-a. Dzięki temu będziesz mógł w przyszłości wybrać nazwę zestawu z listy i ponownie zaznaczyć podobiekty, o których informacja została zapisana w zestawie. Zestawy selekcji można kopiować (*Copy*) z jednego obiektu i wklejać (*Paste*) w innych obiektach o takiej samej budowie.

Na samym dole rolety *Selection* wyświetlana jest informacja o liczbie i typie zaznaczonych w danej chwili podobiektów.



Roleta *Soft Selection* zawiera opcje i parametry, które pozwalają określać oddziaływanie zaznaczonych podobiektów na sąsiadujące z nimi podobiekty, co umożliwia tworzenie gładkich odkształceń siatki. Korzystanie z tej rolety omówiono w rozdziale 5., „Podstawy modelowania”.

Roleta Edit Geometry

Najistotniejsze narzędzia do operowania na siatkach znajdują się w rolecie *Edit Geometry*. Dzięki nim możemy między innymi tworzyć nowe podobiekty, przyłączać je do siatki, spawać wierzchołki, ciąć ścianki, rozbijać bryłę na osobne elementy i wykonywać wiele innych ważnych dla modelowania operacji. Niektóre przyciski i parametry w rolecie *Edit Geometry* są nieaktywne w pewnych trybach edycji — oznacza to, że dane narzędzie nie ma zastosowania na danym poziomie struktury.

Edycja wierzchołków (Vertex)

Gdy pracujesz z obiektami typu *Editable Mesh* i *Editable Poly*, po przejściu na poziom *Vertex* możesz transformować wierzchołki siatki przy użyciu standardowych narzędzi z głównego paska narzędziowego.

Tworzenie (Create)

Włączony przycisk *Create* pozwala dodawać nowe wierzchołki do siatki. Wystarczy klikać kursorem w oknach widokowych, tam, gdzie chcemy utworzyć nowe wierzchołki. Wyjście z trybu tworzenia wierzchołków wymaga wyłączenia przycisku *Create* lub kliknięcia prawym przyciskiem myszy w oknie widokowym.

Przycisk *Create* działa na wszystkich poziomach struktury obiektu — z wyjątkiem poziomu krawędzi (*Edge*).

Usuwanie (Delete)

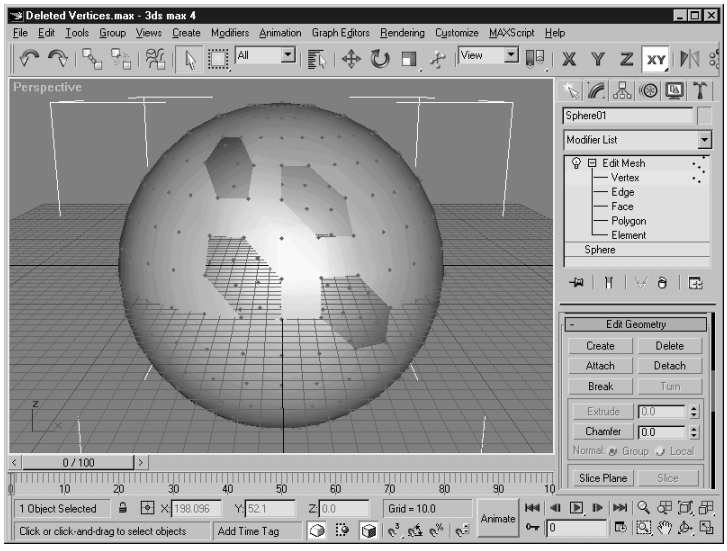
Przycisk *Delete* usuwa zaznaczone wierzchołki. Po zaznaczeniu wierzchołka (lub wierzchołków) wystarczy kliknąć ten przycisk (zamiast niego można posłużyć się klawiszem *Delete* na klawiaturze komputera).



Po usunięciu wierzchołka eliminowane są również krawędzie i ścianki, do których należał ten wierzchołek. Usuwanie wierzchołków prowadzi więc do powstawania dziur w powierzchni siatki, co może sprawić problemy w korzystaniu z niektórych modyfikatorów.

Na rysunku 6.2 pokazano siatkę typu *Editable Mesh* po usunięciu z niej kilku wierzchołków. Operacja ta spowodowała powstanie otworów w powierzchni siatki. W przykładzie tym przez otwory widoczna jest wewnętrzna powierzchnia sfery, co umożliwia opcja *Force 2-Sided* włączana w oknie dialogowym *Viewport Configuration* (otwieranym za pomocą polecenia *Customize>Viewport Configuration*).

Rysunek 6.2. *Po usunięciu kilku wierzchołków zniknęły także połączone nimi krawędzie i ścianki*



Przyłączanie (Attach)

Przycisku *Attach* można używać na wszystkich poziomach struktury obiektu, w tym także na poziomie obiektu głównego. Gdy pracujesz na tym poziomie, sąsiedni przycisk *Detach* zmienia się w przycisk *Attach List*. Kliknięcie przycisku *Attach* otwiera okno dialogowe *Attach List*, w którym z listy obiektów sceny możesz wybrać ten, który chcesz przyłączyć jako nowy element do zaznaczonej siatki. Na liście tej wyświetlane są nazwy tylko tych obiektów, które można przyłączyć do bieżącego.

Sam przycisk *Attach* pozwala przyłączyć inny obiekt sceny do bieżącego. Przy użyciu funkcji *Attach* możesz przyłączać do bieżącego obiektu siatkowego inne siatki, obiekty podstawowe (*Primitives*), splajny (*Splines*), powierzchnie sklejane (*Patches*) i inne obiekty geometryczne. Po przyłączeniu jednak każdy z nich zostanie przekształcony w siatkę z wieloboków.

Aby skorzystać z funkcji *Attach*, należy zaznaczyć siatkę i włączyć przycisk *Attach* w bocznym panelu *Modify*. Po włączeniu przycisku kliknij w jednym z okien widokowych obiekt, który chcesz przyłączyć do bieżącej siatki. Jeśli umieścisz kursor nad jednym z obiektów, które mogą zostać przyłączone do zaznaczonej siatki, ikona kursora zmieni się w znak plus. W celu wyłączenia przycisku *Attach* kliknij go ponownie lub kliknij prawym przyciskiem myszy w oknie widokowym.

Odłączanie (Detach)

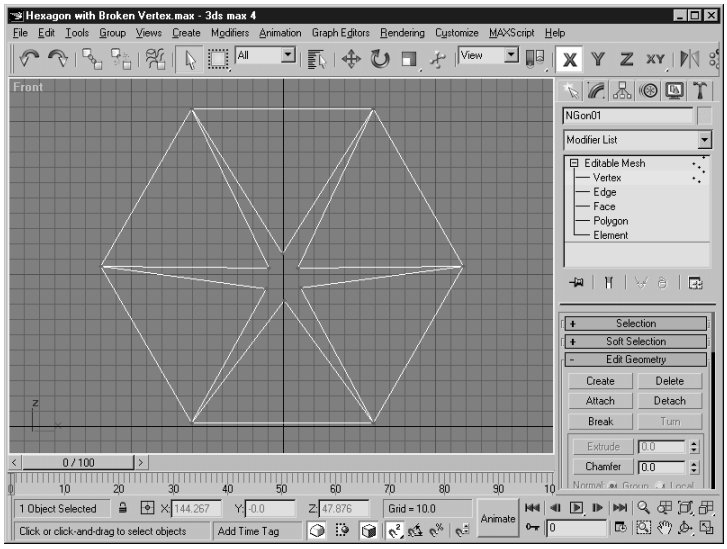
Przycisk *Detach* oddziela zaznaczone podobiekty od reszty siatki. Po zaznaczeniu podobiektów i kliknięciu przycisku *Detach* na ekranie pojawi się okno dialogowe *Detach*. W oknie tym możesz wpisać nazwę nowego obiektu (*Detach as*), a także zdecydować, czy odłączany podobiekt ma stać się nowym elementem w obrębie bieżącej siatki (opcja *Detach To Element*) i czy ma być odłączony jako nowa kopia zaznaczonych podobiektów (opcja *Detach As Clone*). Narzędzie *Detach* jest dostępne na wszystkich poziomach struktury — z wyjątkiem *Edge*.

Rozdzielanie wierzchołków (Break)

Narzędzie *Break* tworzy osobny wierzchołek dla każdej ze ścianek, które połączone były zaznaczonym wierzchołkiem.

Gdy tworzysz siatkę, jej ścianki są połączone wierzchołkami — przesunięcie danego wierzchołka powoduje zmiany we wszystkich zbiegających się w tym punkcie ściankach. Dzięki przyciskowi *Break* możesz przesunąć wierzchołek wybranej ścianki, nie odkształcając przy tym pozostałych ścianek. Przycisk ten dostępny jest wyłącznie w trybie edycji wierzchołków.

Na rysunku 6.3 pokazano sześciobok, którego siatka składała się z sześciu trójkątów o wspólnym wierzchołku pośrodku figury. Po zaznaczeniu środkowego wierzchołka użyto przycisku *Break*, który zastąpił go sześcioma osobnymi wierzchołkami (po jednym dla każdego trójkąta). Następnie każdy z tych wierzchołków został niezależnie odsunięty od środka figury.



Rysunek 6.3. *Przycisk Break pozwala rozerwać połączenie ścianek w miejscu zaznaczonego wierzchołka*

Fazowanie (Chamfer)

Funkcji *Chamfer* można używać w trybach edycji wierzchołków (*Vertex*), krawędzi (*Edge*) i brzegów (*Border*). Daje ona efekt ścinania krawędzi i zastępowania ich płaszczyznami. Wierzchołki w narożnikach zaznaczenia automatycznie są usuwane, a program wstawia w odpowiednie miejsca nowe krawędzie i wierzchołki. Parametr obok przycisku *Chamfer* określa odległość, na jaką zostaną odsunięte nowe krawędzie względem linii, w której leżała oryginalna krawędź.

Aby skorzystać z tego narzędzia, włącz przycisk *Chamfer*, a następnie kliknij i przeciągnij kursorem wierzchołek lub krawędź w oknie widokowym. Jeśli zaznaczonych jest więcej podobiektów, każdy z nich zostanie sfazowany w identycznym stopniu. Gdy klikniesz i przeciągniesz kursorem na kolejnym podobiekcie, poprzednie zaznaczenie zostanie usunięte i będziesz mógł wykonać fazowanie nowego elementu.

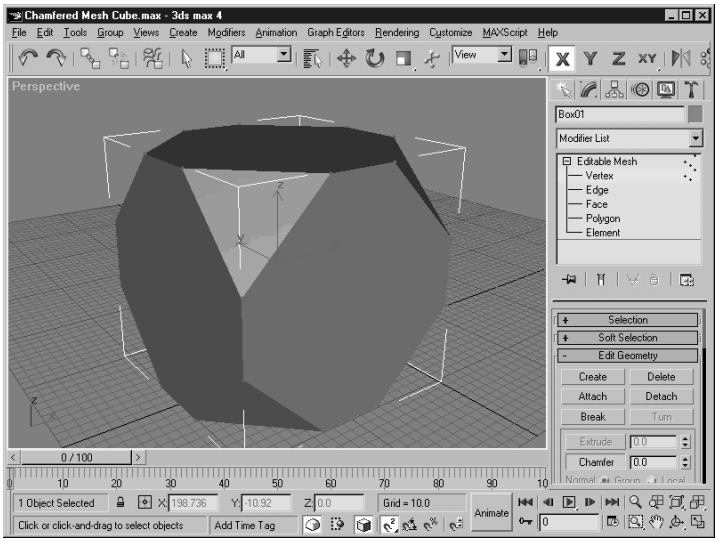
Rysunek 6.4 pokazuje efekt równoczesnego fazowania wszystkich wierzchołków sześcianu.

Płaszczyzna tnąca (Slice Plane)

Przy użyciu narzędzia *Slice Plane* możesz przeciąć ścianki siatki odpowiednio ustawioną płaszczyzną. Po włączeniu przycisku *Slice Plane* w oknach widokowych pojawi się żółty prostokąt, który ilustruje ustawienie płaszczyzny tnącej. Prostokąt ten możesz przesuwać i obracać, używając standardowych narzędzi do transformacji. Gdy już ustawisz płaszczyznę tnącą, kliknij przycisk *Slice*, aby wykonać cięcie. W miejscach przecięcia ścianek siatki i płaszczyzny pojawią się nowe krawędzie oraz wierzchołki.

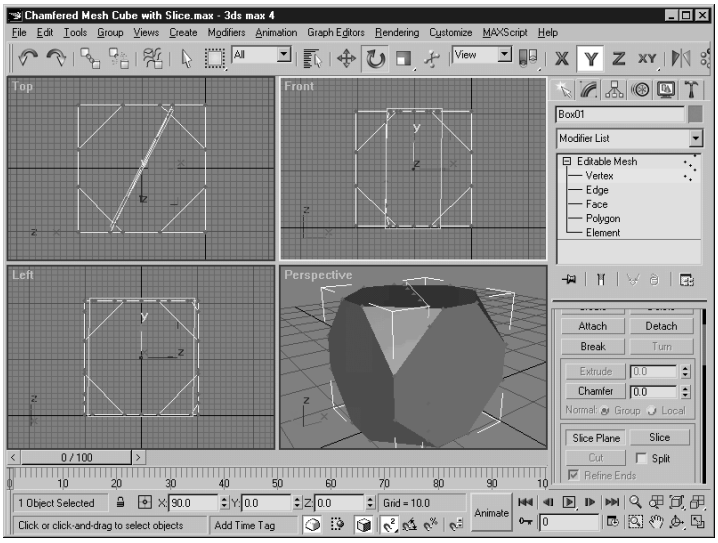
Narzędzie *Slice Plane* pozostaje aktywne, dopóki nie wyłączysz przycisku *Slice Plane* lub nie klikniesz prawym przyciskiem myszy w oknie widokowym. Dzięki temu masz możliwość szybkiego wykonywania kolejnych cięć. Przycisk *Slice Plane* jest dostępny na wszystkich poziomach edycji obiektu. W trakcie edycji obiektu typu *Editable Poly* obok tego przycisku pojawia się przycisk *Reset Plane*. Jego kliknięcie ustawia płaszczyznę tnącą w pierwotnym położeniu.

Rysunek 6.4.
Dzięki narzędziu Chamfer możesz zastąpić wszystkie wierzchołki ściankami o określonych rozmiarach



Opcja *Split* podwaja liczbę krawędzi i wierzchołków wzdłuż linii cięcia, oddzielając je od siebie, co daje w efekcie podział siatki na osobne elementy. Opcja *Refine Ends* (dostępna tylko w przypadku obiektów typu *Editable Mesh*) dotyczy narzędzia *Cut* i opiszemy ją później, przy okazji omawiania sposobów edycji krawędzi. Na rysunku 6.5 pokazano efekt przecięcia bryły narzędziem *Slice Plane*.

Rysunek 6.5.
Po użyciu przycisku Slice w siatce pojawiają się nowe krawędzie i wierzchołki, które odpowiadają liniom przecięcia ścianek i płaszczyzny Slice Plane



Spawanie wierzchołków (Weld Selected i Weld Target)

Przycisk *Weld Selected* działa podobnie jak funkcja *Weld* w splajnach. Zanim z niego skorzystamy, należy zaznaczyć przynajmniej dwa wierzchołki. Jeśli wierzchołki położone są względem siebie w odległości mniejszej niż wartość wpisana w polu obok przycisku, zostaną połączone w jeden wierzchołek. Jeżeli żadnej pary wierzchołków nie dzieli odległość mniejsza od podanego progu, MAX wyświetli komunikat *No vertices within weld threshold.*

Narzędzie *Weld Target* (włączane przyciskiem *Target*) pozwala zaznaczyć wierzchołek i przeciągnąć go nad inny wierzchołek w celu zespawania. Jeśli przesuwany wierzchołek znajdzie się od docelowego w odległości mniejszej niż próg podany w polu obok przycisku *Target*, oba wierzchołki zostaną ze sobą zespawane. Aby wyjść z trybu spawania wierzchołków, wyłącz przycisk *Target* lub kliknij prawym przyciskiem myszy w oknie widokowym.

Obydwa przyciski do spawania wierzchołków dostępne są jedynie na poziomie edycji *Vertex*.

Usuwanie odizolowanych wierzchołków (Remove Isolated Vertices)

Przyciskiem *Remove Isolated Vertices* możesz automatycznie usunąć wszystkie wierzchołki, które nie należą do żadnej ze ścianek obiektu. Odizolowane wierzchołki mogą powstać po usunięciu ścianki lub być utworzone za pomocą narzędzia *Create*, a później niewykorzystane w żadnej ściance siatki. Narzędzie *Remove Isolated Vertices* pomaga uporządkować siatkę przed zastosowaniem modyfikatorów, ponieważ niektóre modyfikatory nie mogą być przypisywane siatkom z odizolowanymi wierzchołkami.

Wyrównywanie do okna widokowego lub siatki konstrukcyjnej (View Align i Grid Align)

Narzędzia *View Align* i *Grid Align* pozwalają wyrównać wszystkie zaznaczone podobiekty do płaszczyzny odpowiadającej bieżącemu oknu widokowemu (*View Align*) lub aktywnej siatce konstrukcyjnej (*Grid Align*).

Wyrównywanie do płaszczyzny (Make Planar)

Pojedynczy wierzchołek lub dwa wierzchołki nie wystarczą do wyznaczenia płaszczyzny, jednak już trzy wierzchołki lub więcej mogą leżeć w określonej płaszczyźnie. Jeżeli więc zaznaczysz trzy lub więcej wierzchołków, możesz zrównać je do jednej płaszczyzny przy użyciu przycisku *Make Planar*. Jest to użyteczne narzędzie w sytuacji, gdy chcemy utworzyć płaską ściankę na bazie określonego zestawu wierzchołków, krawędzi lub ścianek. W siatkach typu *Editable Mesh* jest to również ważne przy tworzeniu wieloboków, ponieważ wielobok musi składać się z trójkątów leżących w jednej płaszczyźnie.

Scalanie (Collapse)

Przycisk *Collapse* w przypadku siatek *Editable Poly* znajduje się pod przyciskiem *Detach*, natomiast dla obiektów *Editable Mesh* znajdziesz go w dole rolety *Edit Geometry*. Zastępuje on wszystkie zaznaczone podobiekty pojedynczym wierzchołkiem, krawędzią lub ścianką, ustawionymi w geometrycznym środku wcześniejszego zaznaczenia. Narzędzie *Collapse* działa podobnie jak funkcja *Weld* dla wierzchołków, nie wymaga jednak, aby poszczególne podobiekty znajdowały się w odpowiedniej odległości od siebie.

Właściwości powierzchni dla wierzchołków (Surface Properties)

Roleta *Surface Properties* w trybie edycji wierzchołków (*Vertex*) pozwala zdefiniować wagę (*Weight*), kolor (*Color*), iluminację (*Illumination*) oraz przeźroczystość (*Alpha*) dla zaznaczonych wierzchołków. Parametr *Weight* jest wykorzystywany przez niektóre narzędzia i modyfikatory do edycji siatek, na przykład *MeshSmooth*.



Z wymienionych parametrów wierzchołków tylko kolor może być wykorzystany do mapowania obiektu bezpośrednio w MAX-ie. Pozostałe parametry (*Alpha* i *Illumination*) stosuje się w narzędziach zewnętrznych oraz podczas eksportowania modeli do innych aplikacji, w tym do gier komputerowych.

Oprócz tego w rolecie *Surface Properties* znajduje się pole *Select Vertices By*, które pozwala selekcjonować wierzchołki na podstawie wcześniej przypisanych im kolorów oraz wartości parametru *Illumination*. W celu zaznaczenia wierzchołków musisz określić kolor lub iluminację i kliknąć przycisk *Select*, a wszystkie wierzchołki siatki o tym kolorze lub iluminacji zostaną wyselekcjonowane. W przypadku selekcji na podstawie koloru możesz zdefiniować zakresy (*Range*) dla poszczególnych składowych R, G i B. Dzięki temu możesz zaznaczać nie tylko wierzchołki o jednym zadanym kolorze, ale także te, dla których wartości składowych koloru mieszczą się w określonych przedziałach. Jeżeli na przykład wszystkie parametry *Range* ustawisz na 255, niezależnie od wybranego koloru zaznaczone będą wszystkie wierzchołki siatki.

Edycja krawędzi (Edge)

Krawędź jest to linia łącząca dwa wierzchołki. Krawędzie dzielimy na zamknięte, czyli takie, które znajdują się pomiędzy dwoma ściankami, oraz otwarte, czyli takie, które tylko z jednej strony zamykają jakąś ściankę. Niektóre krawędzie siatki (na przykład w trójkątach składających się na pojedynczy wielobok) mogą być niewidoczne.

Możesz zaznaczać równocześnie wiele krawędzi, stosując podobne metody jak w przypadku wierzchołków, to znaczy — przytrzymując klawisz *Ctrl* podczas klikania krawędzi lub rozciągając nad nimi ramkę selekcji. Klawisz *Alt* umożliwia wyłączanie krawędzi z zaznaczenia. Jeśli podczas transformowania krawędzi przytrzymasz klawisz *Shift*, utworzysz kopie tych krawędzi, które będą połączone z poprzedniczkami (MAX automatycznie utworzy odpowiednie krawędzie łączące i ustawi wierzchołki).

Wiele funkcji w trybie edycji krawędzi (*Edge*) działa podobnie jak omawiane wcześniej narzędzia na poziomie edycji wierzchołków (*Vertex*).

Dzielenie (Divide)

Przycisk *Divide* dodaje nowy wierzchołek w wybranym miejscu krawędzi, dzieląc ją na dwie krótsze krawędzie (jeśli zaznaczyłeś krawędź i kliknąłeś przycisk *Divide*, nowy wierzchołek znajdzie się dokładnie pośrodku krawędzi, jeżeli natomiast włączyłeś przycisk i kliknąłeś niezaznaczoną krawędź, wierzchołek pojawi się w miejscu kliknięcia). W trybach *Face*, *Polygon* i *Element* możesz tą metodą wstawiać nowe wierzchołki na powierzchni ścianek (automatycznie dodawane są odpowiednie krawędzie). Aby wyjść z trybu dzielenia krawędzi, wyłącz przycisk *Divide* lub kliknij prawym przyciskiem myszy w oknie widokowym.

Przycisk *Divide* jest dostępny na wszystkich poziomach struktury — z wyjątkiem *Vertex* (tutaj zastąpiony jest przyciskiem *Break*).

Obracanie krawędzi (Turn)

Po włączeniu przycisku *Turn* możemy zmieniać sposób łączenia wierzchołków w ściankach przez krawędzie. Gdy dana ścianka jest wielobokiem, niewidoczne krawędzie dzielą ją na trójkąty. Gdy mamy na przykład kwadratową ściankę o kolejno ponumerowanych wierzchołkach, niewidoczna krawędź może biec albo między wierzchołkami nr 1 i 3, albo między 2 i 4, o czym możemy zadecydować po włączeniu przycisku *Turn*. Jest to ważne dla wygładzania powierzchni siatki, w sytuacji, kiedy poszczególne ścianki nie są całkiem płaskie. Z trybu obracania krawędzi wychodzimy, wyłączając przycisk *Turn* lub klikając prawym przyciskiem myszy w oknie widokowym.

Przycisk *Turn* dostępny jest wyłącznie dla siatek *Editable Mesh* na poziomie edycji krawędzi (*Edge*).

Wytłaczanie (Extrude)

Narzędzie *Extrude* przesuwa zaznaczony podobiekt wzdłuż normalnej i łączy z sąsiadującymi przy użyciu nowych krawędzi i ścianek. Jeśli chodzi o krawędzie, przycisk *Extrude* dostępny jest tylko dla obiektów typu *Editable Mesh*. Aby skorzystać z tego narzędzia, zaznacz krawędź lub ściankę i kliknij przycisk *Extrude*, po czym przeciągnij kursorem nad zaznaczonym podobiektem w oknie widokowym. W miarę przesuwania kursora będziesz widział rezultat wytłoczenia na daną głębokość. Gdy osiągniesz pożądaną odległość nowych krawędzi od ich poprzedniczek, zwolnij przycisk myszy.

Zamiast przeciągania kursorem możesz wprowadzić dokładną głębokość wytłoczenia w polu numerycznym obok przycisku *Extrude* (*Extrusion*) i nacisnąć klawisz *Enter*. Opcja *Normal Group* powoduje, że gdy wytłaczasz sąsiadujące ze sobą podobiekty, są one przesuwane wzdłuż wspólnej linii. Jeśli natomiast włączysz opcję *Normal Local*, każdy podobiekt zostanie wytłoczony wzdłuż własnej normalnej (linii prostopadłej do podobiektu). W przypadku obiektów *Editable Poly* zastępuje ją opcja *By Polygon*. Działanie funkcji *Bevel* oraz parametru *Outline* omówimy w następnym podrozdziale, poświęconym operacjom na ściankach. Aby wyjść z trybu wytłaczania, wyłącz przycisk *Extrude* lub kliknij prawym przyciskiem myszy w dowolnym oknie widokowym.

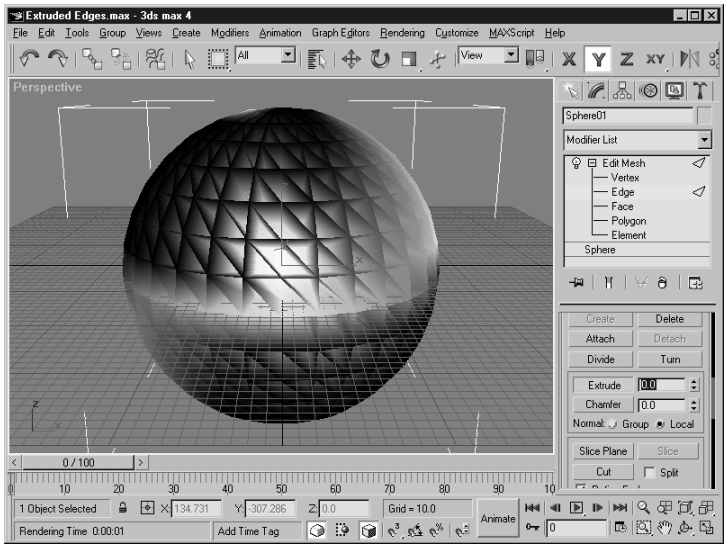
Z przycisku *Extrude* możemy korzystać w trybach edycji *Edge*, *Face*, *Polygon* i *Element* dla siatek *Editable Mesh* oraz w trybach *Polygon* i *Element* dla obiektów typu *Editable Poly*.

Na rysunku 6.6 pokazano sferę przekonwertowaną w obiekt *Editable Mesh*, w której wykonano wytłaczanie krawędzi.

Cięcie (Cut)

Przycisk *Cut* pozwala przecinać krawędzie i ścianki nowymi krawędziami. Aby wykonać taką operację, włącz przycisk *Cut* i przeciągnij kursorem od krawędzi do krawędzi w miejscach, w których mają zostać przecięte. Jeśli przeciągniesz po więcej niż jednej ściance, nowe wierzchołki zostaną ustawione na wszystkich kolejnych krawędziach

Rysunek 6.6.
Efekt wytłoczenia wszystkich krawędzi sferycznej siatki



napotkanych przez kursor. Możesz też, wykonując podwójne kliknięcie, wstawiać nowe wierzchołki w dowolnych punktach krawędzi. Z trybu cięcia wychodzisz, wyłączając przycisk *Cut* lub klikając prawym przyciskiem myszy w oknie widokowym sceny.

Jeśli włączona jest opcja *Split*, program tworzy po dwa wierzchołki w każdym przeciętym punkcie krawędzi, dzięki czemu możesz później w łatwy sposób oddzielać od siebie różne fragmenty siatki. W obiektach *Editable Mesh* istotna jest też opcja *Refine Edges*, która dodaje nowe krawędzie i wierzchołki w ściankach sąsiadujących z przeciętą, co umożliwia zachowanie gładkości siatki. Przycisk *Cut* dostępny jest we wszystkich trybach edycji, oprócz poziomu *Vertex* dla siatek *Editable Mesh*.

Zaznaczanie otwartych krawędzi (Select Open Edges) i tworzenie splajnów z krawędzi (Create Shape from Edges)

Narzędzie *Select Open Edges* wyszukuje i zaznacza wszystkie otwarte krawędzie. Dzięki temu przyciskowi możemy lokalizować wszystkie ewentualne otwory w powierzchni siatki, a to pomaga eliminować niektóre potencjalne problemy z dalszą edycją obiektu. Przycisk *Create Shape from Edges* tworzy splajn odpowiadający kształtem zaznaczonym krawędziom. Po kliknięciu tego przycisku wyświetlane jest okno *Create Shape*, które pozwala nadać nazwę nowemu splajnowi. Możesz też zdecydować, czy wierzchołki splajnu mają być łączone gładkimi krzywiznami (*Smooth*), czy liniowymi segmentami (*Linear*). Opcja *Ignore Hidden Edges* powoduje pominięcie niewidocznych krawędzi.

Obydwa narzędzia występują tylko w przypadku siatek typu *Editable Mesh*.

Zagęszczanie siatki (roleta Subdivide)

W obiektach typu *Editable Poly* roleta *Subdivide* dostępna jest na poziomach *Edge*, *Border*, *Polygon* i *Element*. Znajduje się w niej przycisk *MeshSmooth*, który działa na zaznaczonych podobiektach identycznie jak modyfikator *MeshSmooth*. Przycisku tego

można używać wielokrotnie, za każdym razem bardziej wygładzając i zwiększając szczegółowość siatki. Parametr *Smoothness* określa to, ile nowych wierzchołków i ścianek zostanie dodanych do siatki. Im większa jest wartość tego parametru, tym gęstsza stanie się siatka. Zagęszczanie siatki może być przeprowadzane niezależnie dla ścianek o różnych grupach wygładzania (*Smoothing Groups*) oraz materiałach (*Materials*).

Oprócz przycisku *MeshSmooth*, w rolecie *Subdivide* znajduje się też przycisk *Tessellate*, który omówimy w jednym z następnych podrozdziałów, zatytułowanym „Mozaikowanie (Tessellate)".

Właściwości powierzchni dla krawędzi (Surface Properties)

W przypadku obiektów *Editable Mesh* roleta *Surface Properties* w trybie *Edge* zawiera przyciski *Visible* i *Invisible*, które mogą czynić widocznymi lub niewidocznymi krawędzie pomiędzy trójkątami. Przycisk *Auto Edge* (jeśli włączona jest opcja *Set and Clear Edge Vis*) automatycznie zamienia w niewidoczne wszystkie te krawędzie, które należą do ścianek ustawionych względem siebie pod kątem mniejszym niż wartość parametru obok przycisku *Auto Edge*. Jeśli włączysz opcję *Set*, wszystkie krawędzie spełniające powyższe kryterium będą zmienione w widoczne, a gdy włączysz opcję *Clear*, uczynisz niewidocznymi wszystkie krawędzie niespełniające tego warunku.

W rolecie *Surface Properties* dla obiektów *Editable Poly* dostępne są tylko dwa parametry: waga (*Weight*) i ostrość (*Crease*) krawędzi. W przypadku większej wagi siatka podczas zagęszczania jest silniej przyciągana do punktów odpowiadających pierwotnej krawędzi, natomiast zwiększenie parametru *Crease* wpływa na wygładzanie siatki (im większa wartość tego parametru, tym słabiej wygładzona jest krawędź).

Edycja brzegów (Border), ścianek (Face i Polygon) oraz elementów (Element)

W obiektach typu *Editable Mesh* wyróżniamy dwa typy ścianek: trójkąty, czyli płaszczyzny elementarne (*Face*) i wieloboki (*Polygon*). Trójkąt stanowi równocześnie najprostszy typ wieloboku, a każdy wielobok (*Polygon*) jest w rzeczywistości zbiorem sąsiadujących ze sobą trójkątów, rozdzielonych niewidocznymi krawędziami. Do utworzenia wieloboku (*Polygon*) muszą więc być użyte przynajmniej dwa trójkąty (*Face*), czyli co najmniej cztery wierzchołki. Jeśli zaznaczysz niewidoczną krawędź, rozdzielającą dwa trójkąty w wieloboku, będzie ona wyświetlana w postaci przerywanej linii (jeśli chcesz przez cały czas oglądać wszystkie krawędzie siatki, łącznie z niewidocznymi, przejdź do bocznego panelu *Display* i wyłącz opcję *Edges Only*).

Obiekty *Editable Poly* nie wykorzystują trójkątnych płaszczyzn elementarnych (przynajmniej na poziomie edycji) i nie ma tutaj podziału na krawędzie widoczne i niewidoczne. Dostępny jest za to tryb edycji brzegów (*Border*) siatki. Brzegiem siatki nazywamy ciąg otwartych krawędzi, na przykład otaczających otwór wycięty w siatce.

Transformowanie trójkątnych lub bardziej złożonych ścianek wykonujemy w odpowiednich trybach edycji w taki sam sposób, jak w przypadku innych podobiektów. W rolecie *Edit Geometry* większość narzędzi działa podobnie jak dla omawianych wcześniej wierz-

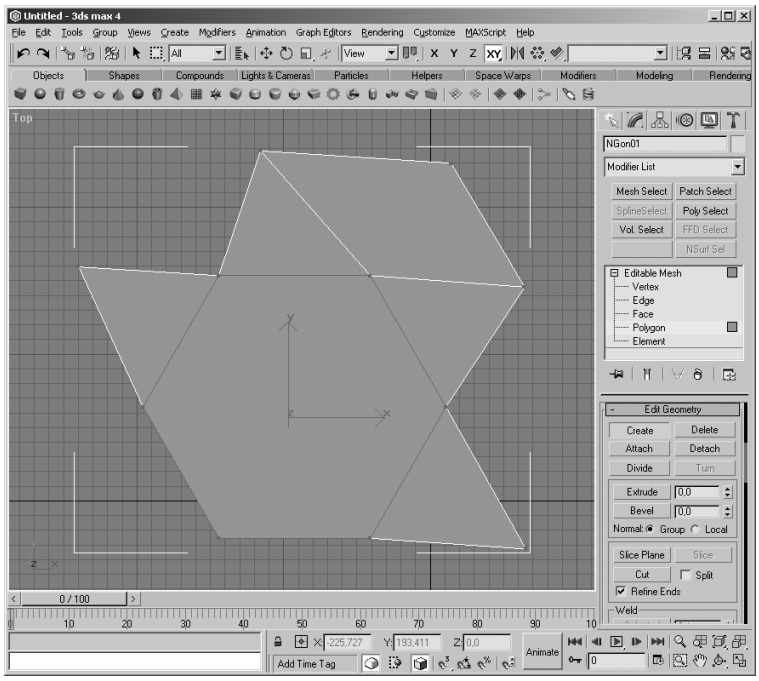
chołków (podrozdział „Edycja wierzchołków") i krawędzi (podrozdział „Edycja krawędzi"), jednak oprócz nich znajdują się tutaj także dodatkowe narzędzia, które działają tylko na poziomach *Border*, *Face*, *Polygon* czy *Element*. Na poziomie *Border* większość narzędzi jest identyczna z tymi do edycji krawędzi, natomiast na poziomach *Face*, *Polygon* i *Element* znajdują się te same narzędzia — wyspecjalizowane w edycji ścianek.

Domykanie siatki (Cap)

Na poziomie *Border* nowym narzędziem jest przycisk *Cap*, którego kliknięcie powoduje utworzenie ścianki na bazie zaznaczonych krawędzi, otaczających otwór w siatce.

Tworzenie ścianek (Create)

Przycisk *Create* pozwala na tworzenie nowych ścianek w oparciu o istniejące lub nowe wierzchołki (zobacz: rysunek 6.7). Aby utworzyć nową ściankę, włącz przycisk *Create* i kliknij punkt, w którym chcesz umieścić pierwszy wierzchołek ścianki (możesz kliknąć jeden z istniejących wierzchołków siatki lub dowolny punkt w przestrzeni — w tym drugim przypadku dodasz do siatki nowy wierzchołek).



Rysunek 6.7. *Ścianki otaczające sześciobok w środku ekranu zostały utworzone za pomocą narzędzia Create*

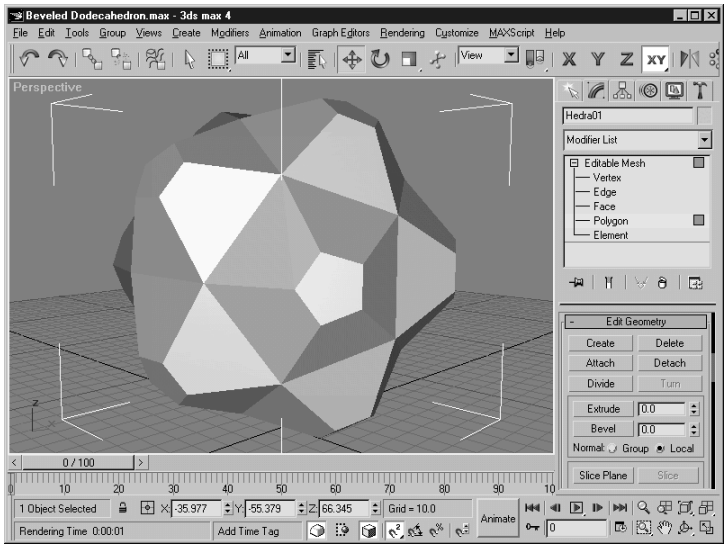
Pojedyncza ścianka siatki może zawierać więcej niż trzy wierzchołki. W trybie *Face* po ustawieniu trzeciego wierzchołka program automatycznie kończy tworzenie ścianki (trójkąta), natomiast w trybie *Polygon* możesz wstawiać dowolną liczbę wierzchołków i — aby zakończyć definiowanie ścianki — musisz kliknąć ponownie pierwszy z wierzchołków lub wykonać podwójne kliknięcie w punkcie, w którym chcesz ustawić ostatni wierzchołek.

Wytłaczanie ze skalowaniem (Bevel)

Przycisk *Bevel* dostępny jest w trybach *Face*, *Polygon* i *Element*. Pozwala on wytłaczać ścianki (podobnie jak narzędzie *Extrude*) i jednocześnie je skalować. Po włączeniu przycisku należy kliknąć ściankę i przeciągnąć kursorem w górę lub w dół, określając głębokość wytłoczenia, po czym zwolnić przycisk myszy. Drugie przeciągnięcie kursora decyduje o powiększeniu lub pomniejszeniu wytłaczanej ścianki. Pierwszemu przeciągnięciu odpowiada parametr obok przycisku *Extrude* (*Extrusion*), a drugiemu parametr obok przycisku *Bevel* (*Outline*).

Opcje w polu *Normal* (dla siatek *Editable Mesh*) i w polu *Extrusion Type* (dla obiektów *Editable Poly*) dotyczą równoczesnego wytłaczania większej liczby ścianek i decydują o tym, czy ścianki mają być wytłoczone wzdłuż tej samej linii i pozostać połączone po wytłoczeniu, czy też powinny być wytłaczane każda z osobna, wzdłuż własnej normalnej. Aby wyłączyć przycisk *Bevel*, kliknij go w panelu *Modify* lub kliknij prawym przyciskiem myszy w dowolnym oknie widokowym.

Na rysunku 6.8 pokazano siatkę obiektu typu *Hedra*, w którym wszystkie ścianki zostały wytłoczone na wysokość 20 jednostek i przeskalowane o –10 jednostek.



Rysunek 6.8. *Każda ze ścianek bryły została poddana wytłoczeniu połączonemu ze skalowaniem*

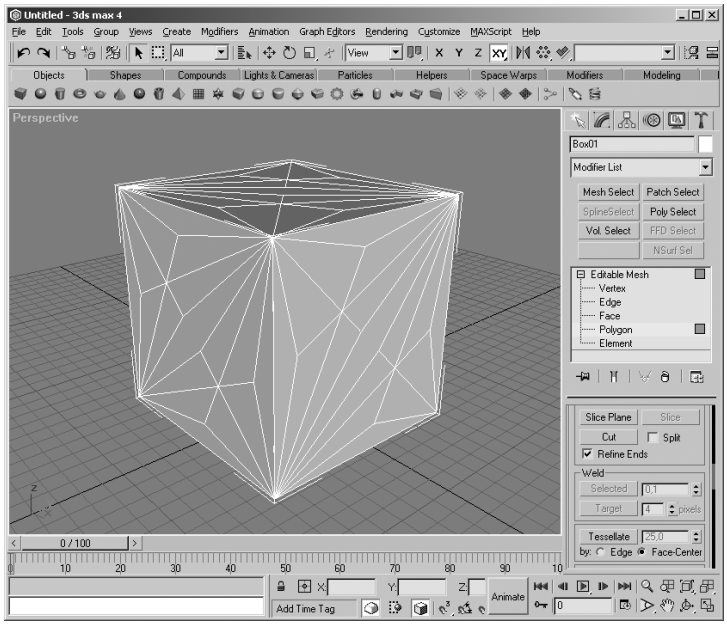
Mozaikowanie (Tessellate)

Do zwiększenia rozdzielczości siatki można posłużyć się (oprócz wcześniej omówionego narzędzia *MeshSmooth*) narzędziem *Tessellate*.

Narzędzie *Tessellate* posiada dwie opcje: *Edge* i *Face-Center*. Przy opcji *Edge* każda krawędź jest dzielona dokładnie w połowie. W ten sposób możesz na przykład pojedynczy trójkąt zamienić w cztery mniejsze trójkąty. W zależności od ustawienia parametru obok przycisku *Tessellate* (nosi on nazwę *Tension*), nowe ścianki będą wypukłe lub wklęsłe względem pierwotnej powierzchni.

Opcja *Face-Center* tworzy nowy wierzchołek pośrodku ścianki i dodaje krawędzie łączące go z pozostałymi wierzchołkami ścianki. W czworokątnej ściance spowoduje to powstanie sześciu trójkątów (pamiętaj, że czworokąt w MAX-ie składa się z dwóch trójkątów).

Ilustracja na rysunku 6.9 pokazuje sześcian, którego wszystkie ścianki zostały poddane dwukrotnemu mozaikowaniu za pomocą narzędzia *Tessellate* — przy użyciu opcji *Face-Center*.



Rysunek 6.9. *Sześcian, którego ścianki zostały poddane dwukrotnemu mozaikowaniu*

Rozbijanie siatki (Explode)

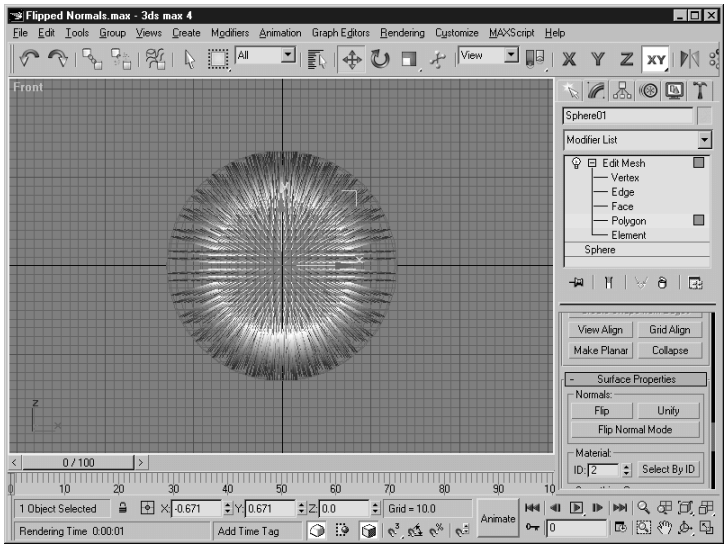
Przycisk *Explode* oddziela od siatki zaznaczone ścianki, tworząc z nich osobne elementy (opcja *Elements*) lub niezależne obiekty (opcja *Objects*). Suwak po prawej stronie przycisku określa kąt pomiędzy ściankami, decydujący o tym, czy dana ścianka ma zostać odłączona od pozostałych. Jeśli włączona jest opcja *Objects*, na ekranie pojawi się okno dialogowe *Explode to Objects*, w którym możesz wprowadzić nazwę dla nowego obiektu (jeśli nowych obiektów będzie więcej, program automatycznie doda do ich nazw odpowiednie numery).

Właściwości powierzchni dla ścianek (Surface Properties)

Gdy pracujesz z siatkami typu *Editable Mesh*, w trybach *Face*, *Polygon* i *Element*, roleta *Surface Properties* zawiera przyciski *Flip*, *Unify* i *Flip Normal Mode*, które sterują kierunkiem normalnych w ściankach. Przycisk *Flip* odwraca kierunki normalnych w zaznaczonych ściankach, a przycisk *Unify* ujednolica kierunki normalnych w zaznaczeniu, bazując na tym, w którą stronę zwróconych jest więcej normalnych. Po włączeniu przycisku *Flip Normal Mode* możesz klikać kursorem poszczególne ścianki i ręcznie odwracać w nich kierunki normalnych. Narzędzie to jest aktywne, dopóki nie wyłączysz przycisku *Flip Normal Mode* bądź nie klikniesz prawym przyciskiem myszy w oknie widokowym.

Na rysunku 6.10 pokazano sferę, w której kierunki wszystkich normalnych zwrócono do wewnątrz siatki. Porównaj ten rysunek z wcześniejszym rysunkiem 6.1.

Rysunek 6.10.
Efekt zwrócenia normalnych do wewnątrz obiektu



W obiektach typu *Editable Poly* roleta *Surface Properties* zawiera przyciski *Edit Triangulation*, *Retriangulate* i *Flip Normals*. Po włączeniu przycisku *Edit Triangulation* możesz zmienić ustawienie krawędzi niewidocznych trójkątów, na które podzielona jest każda ścianka (pomimo że nie posiadasz możliwości edycji niewidocznych krawędzi, jak ma to miejsce w obiektach *Editable Mesh*). Aby zmienić kierunek niewidocznej krawędzi, przeciągnij kursorem z jednego wierzchołka siatki nad inny, należący do tej samej ścianki. Naciśnięcie przycisku *Retriangulate* sprawi, że program sam poustawia krawędzie niewidocznych trójkątów, natomiast przycisk *Flip Normals* odwraca kierunki normalnych w zaznaczonych ściankach. Przycisk ten dostępny jest tylko w trybie edycji elementów (*Element*).

Dolna część rolety *Surface Properties* zawiera ustawienia związane z numerem ID materiału (*Material ID*) i grupami wygładzania (*Smoothing Groups*).

Parametr *Material ID* jest wykorzystywany przez materiały typu *Multi/Sub-Object* do identyfikowania ścianek, którym mają zostać przypisane różne materiały podrzędne. Zaznaczając ścianki i wprowadzając odpowiednią liczbę w polu *Material ID*, nadajesz tym ściankom określony numer identyfikacyjny. Przycisk *Select By ID* otwiera okno dialogowe *Select By Material ID*, dzięki któremu możesz wyselekcjonować wszystkie podobiekty posiadające przypisany ten sam numer (wystarczy wprowadzić interesujący nas numer i kliknąć przycisk *OK*).

Przyciski w polu *Smoothing Groups* służą do przypisywania zaznaczonym ściankom określonych grup wygładzania. Po zaznaczeniu ścianek należy włączyć przyciski z numerami wybranych grup, które chcemy przypisać ściankom. Ścianki należące do wspólnych grup są poddawane przez moduł renderujący wygładzaniu, dzięki czemu nie występują między nimi widoczne krawędzie. Przycisk *Select By SG*, podobnie jak wcześniej opisany przycisk *Select By ID*, pozwala wyselekcjonować ścianki należące do określo-

nych grup wygładzania. Przycisk *Clear All* usuwa wszystkie grupy wygładzania z zaznaczonych ścianek, natomiast przycisk *Auto Smooth* automatycznie przypisuje podobiektom odpowiednie grupy wygładzania, porównując kąt pomiędzy ściankami z wartością parametru wpisywanego na prawo od przycisku *Auto Smooth*.

Ćwiczenie. Głowa klauna

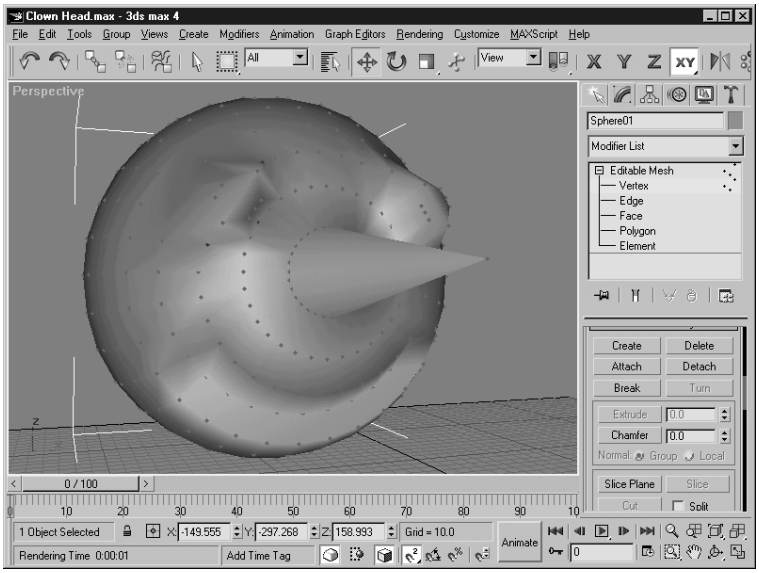
Po zapoznaniu się z wszystkimi najważniejszymi narzędziami do edycji siatek możesz przejść do praktycznego ich wykorzystania. W niniejszym przykładzie utworzysz model głowy klauna, wykonując operacje selekcji i transformacji wierzchołków sfery.

Aby zrealizować to zadanie, wykonaj poniższe kroki.

1. W bocznym panelu *Create* kliknij ikonę kategorii *Geometry* i włącz przycisk *Sphere*. Następnie przeciągnij kursorem w oknie widokowym *Front*, aby utworzyć sferę.
2. Kliknij sferę prawym przyciskiem myszy i z menu podręcznego wybierz *Convert To>Convert to Editable Mesh*.

   Automatycznie wyświetlony zostanie boczny panel *Modify*.
3. Na początku utworzymy długi, ostry nos, wyciągając w przód jeden z wierzchołków sfery. Kliknij mały znak plus na lewo od pozycji *Editable Mesh* na stosie modyfikatorów i wybierz poziom edycji wierzchołków (*Vertex*). W oknie widokowym *Top* zaznacz najniżej położony wierzchołek sfery. Włącz ikonę *Select and Move* na głównym pasku narzędziowym i w oknie widokowym *Top* przeciągnij kursorem wierzchołek wzdłuż osi Y, oddalając go od sfery w dół okna.
4. Następnym krokiem będzie wymodelowanie uśmiechniętych ust klauna. Rozwiń roletę *Soft Selection* i włącz opcję *Use Soft Selection*. W oknie widokowym *Front* zaznacz kilka wierzchołków leżących na łuku poniżej nosa klauna i naciśnij klawisz spacji, aby zablokować zestaw selekcji. Przesuń zaznaczone wierzchołki wzdłuż osi Y w oknie widokowym *Top*, aż powstanie wyraźne wgłębienie w siatce.
5. Ponownie naciśnij spację i wyłącz zaznaczenie wierzchołków. Aby utworzyć wyłupiaste oczy klauna, zaznacz po kilka wierzchołków po obu stronach nosa, nieco powyżej niego. Pozostawiając włączoną opcję *Use Soft Selection*, przeciągnij nieznacznie wierzchołki do przodu (wzdłuż osi Y).
6. Dla każdego zestawu wierzchołków tworzących oczy wykonaj osobno następującą operację: po zaznaczeniu wierzchołków kliknij przycisk *Weld Selected*, a jeśli wierzchołki nie zostaną zespawane, zwiększ wartość parametru obok przycisku *Weld Selected*.
7. Zaznacz wszystkie wierzchołki tworzące wypukłość oczu i włącz przycisk *Chamfer*. Następnie przeciągnij kursorem w oknie widokowym, tworząc dodatkowe krawędzie wokół oczu.

Model, który utworzyłeś, jest jedynie bardzo prostym przykładem tego, co można uzyskać poprzez proste operacje na podobiektach. Na rysunku 6.11 pokazano gotową głowę klauna w cieniowanym oknie widokowym (wynik ćwiczenia możesz obejrzeć w pliku *Clown Head.max* — w katalogu *Chap 6* na CD-ROM-ie dołączonym do książki).



Rysunek 6.11. *Głowa klauna wymodelowana dzięki operacjom na poziomie wierzchołków sfery*

Ćwiczenie. Naprawianie zaimportowanych siatek

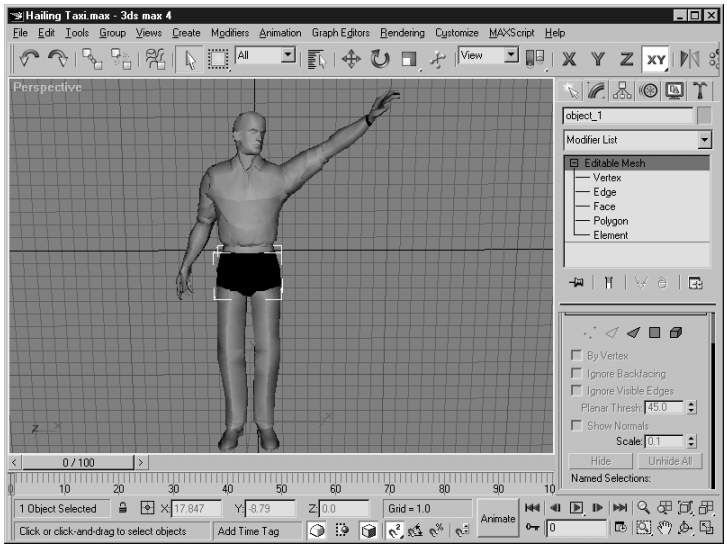
Chociaż większość programów do grafiki 3D zapisuje obiekty w postaci siatkowej, niektóre siatki po zaimportowaniu do MAX-a sprawiają pewne kłopoty podczas edycji. Po przekonwertowaniu obiektu w siatkę typu *Editable Mesh* możesz skorzystać z dostępnych narzędzi edycyjnych i wyeliminować te problemy.

Na rysunku 6.12 pokazano model zapisany w formacie 3DS przez program Poser i zaimportowany w tej postaci do MAX-a. Zwróć uwagę na to, że okolice talii są wyświetlane na czarno. W rzeczywistości są one niewidoczne i jedynym sposobem na to, żeby je zobaczyć, było włączenie opcji *Backface Cull* w oknie dialogowym *Viewport Configuration* (polecenie *Customize>Viewport Configuration*). Problem polega na tym, że normalne ścianek w tej części siatki są zwrócone do wewnątrz, a nie na zewnątrz obiektu. Jest to dość często występujący kłopot z importowanymi siatkami, dlatego w opisywanym tu ćwiczeniu zajmiemy się jego rozwiązaniem.

Zadanie to wymaga wykonania następujących czynności.

1. Pobierz plik *Hailing Taxi.max* z katalogu *Chap 06* na CD-ROM-ie dołączonym do książki.
2. Zaznacz wyświetlany na czarno fragment siatki. Następnie w panelu *Modify* przejdź do trybu edycji elementów (*Element*).
3. W rolecie *Selection* włącz opcję *Show Normals* i ustaw bardzo małą wartość parametru *Scale* (na przykład 0,1).

   W oknie widokowym wyświetlane są teraz normalne ścianek. Jak można zauważyć, niektóre skierowane są na zewnątrz, a niektóre do wewnątrz siatki.



Rysunek 6.12. *W tej zaimportowanej siatce jeden fragment ma odwrócone kierunki normalnych i przez to jest niewidoczny*

4. W rolecie *Surface Properties* kliknij przycisk odwracania normalnych (*Flip*), a wszystkie niebieskie kreski ilustrujące kierunki normalnych powinny zwrócić się na zewnątrz siatki.

   Problem został rozwiązany i wszystkie ścianki siatki są teraz wyświetlane prawidłowo.

Ćwiczenie. Aztecka piramida

Egipcjanie byli mistrzami w budowaniu piramid, jednak wymodelowanie takiej piramidy stanowi w MAX-ie zadanie banalne, ponieważ model piramidy jest dostępny jako jeden z modeli parametrycznych. Zamiast tego przyjrzyjmy się więc piramidom budowanym w cywilizacji azteckiej (posiadały one po kilka pięter). Pozwoli nam to przećwiczyć kilka operacji wykonywanych na siatkach typu *Editable Poly*.

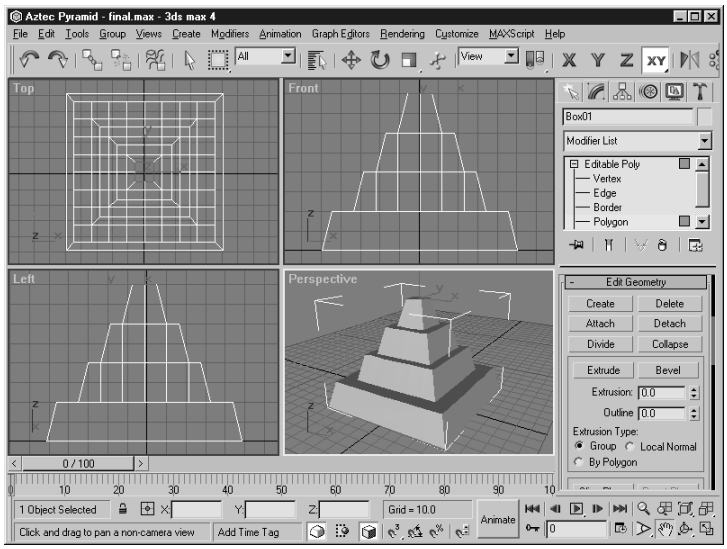
Aby utworzyć wielopiętrową piramidę w postaci obiektu *Editable Poly*, wykonaj następujące czynności.

1. Pobierz plik *Aztec Pyramid.max* z katalogu *Chap 06* na CD-ROM-ie dołączonym do książki.
2. Kliknij prawym przyciskiem myszy prostopadłościan znajdujący się w scenie i z menu podręcznego wybierz *Convert To>Convert to Editable Poly*.

   Automatycznie wyświetlony zostanie boczny panel *Modify*.
3. W rolecie *Selection* włącz ikonę poziomu edycji wieloboków (*Polygon*) i opcję *Ignore Backfacing*. Następnie włącz narzędzie *Select Objects* (ikona z czarną ukośną strzałką na głównym pasku narzędziowym) i kliknij pośrodku obiektu w oknie widokowym *Top*, aby zaznaczyć górną ściankę bryły.

   W dole rolety *Selection* powinna pojawić się informacja o tym, że tylko jeden wielobok został zaznaczony.

4. W rolecie *Edit Geometry* włącz przycisk *Bevel* i wprowadź wartość –5 w polu *Outline*. Pomniejszysz w ten sposób górną ściankę siatki. Ponownie włącz narzędzie *Select Objects* na głównym pasku narzędziowym, aby wyłączyć przycisk *Bevel*.
5. W rolecie *Subdivide* włącz opcję *Edge* i kliknij trzy razy przycisk *Tessellate*. Dzięki temu podzielisz górną ściankę na 64 kwadraty.
6. Pozostań na poziomie edycji wieloboków (*Polygon*) i rozciągnij w oknie *Top* ramkę selekcji nad wewnętrznymi kwadratami, pozostawiając niezaznaczony pojedynczy pas wieloboków dookoła górnej powierzchni bryły. W rolecie *Selection* powinna pojawić się informacja, że wyselekcjonowałeś 36 wieloboków.
7. Kliknij ponownie przycisk *Bevel* w rolecie *Edit Geometry* i wpisz wartość 20 w polu *Extrusion*, a następnie wartość –5 w polu *Outline*.
8. Powtórz kroki 6. i 7. jeszcze dwa razy, za każdym razem zaznaczając i wytłaczając wewnętrzny zestaw ścianek, aż uzyskasz rezultat pokazany na rysunku 6.13.



Rysunek 6.13. *Piramida wymodelowana jako obiekt typu Editable Poly*