

Γραφικά & Εικονική Πραγματικότητα

Space Golf

(Απαλλακτική Εργασία)

Ονοματεπώνυμο Χαλκιάς Κωνσταντίνος
Αριθμός Μητρώου 1066615
Τμήμα ΗΜΤΥ
Έτος 5^ο

Εισαγωγή

Το κύριο θέμα της εργασίας είναι η ανάπτυξη μιας εφαρμογής γκολφ, η οποία δεν παίζεται σε ένα κλασικό γήπεδο αλλά στο διάστημα. Τελικός στόχος της εργασίας είναι να εκτοξεύουμε ένα αντικείμενο με μεγάλη ταχύτητα και να παρακολουθούμε την τροχιά του. Πιο αναλυτικά ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εκτοξεύει αντί για μπαλάκι του golf έναν κομήτη στον οποίο ασκούνται δυνάμεις από τους γύρω πλανήτες αλλά και από του δορυφόρους αυτών των πλανητών. Ακόμα αυτός ο κομήτης καθώς κινείται αφήνει πίσω του ένα μονοπάτι από αιωρούμενα αντικείμενα, τα οποία προσημειώνουν την ουρά που έχει ένας κομήτης.

Τέλος, έχουν εφαρμοστεί αλγόριθμοι φωτισμού αλλά και σκιάσεις, για να αυξήσουν το ρεαλισμό της εφαρμογής. Με αυτόν τον τρόπο προσομοιώνουμε τα φαινόμενα που υπάρχουν και στην πραγματικότητα, αλλά λόγω υπερβολικής πολυπλοκότητας έχουμε κάνει κάποιες παραχωρήσεις.

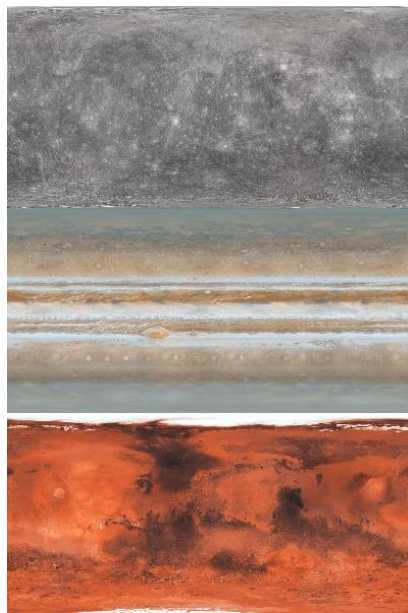
Μέρος Α

Σε αυτό το κομμάτι της άσκησης περιλαμβάνεται κυρίως η δημιουργία της σκηνής και πιο συγκεκριμένα οι πλανήτες αλλά και οι δορυφόροι αυτών των πλανητών. Ακόμα σε αυτό το μέρος έχουν υλοποιηθεί και όλες οι απαραίτητες μέθοδοι για τον υπολογισμό της θέσης, ταχύτητας αλλά και επιτάχυνσης του αντικειμένου στο οποίο ασκούνται βαρυτικές δυνάμεις.

Δημιουργία Πλανητών

Όλοι οι πλανήτες που δημιουργούνται στο τρισδιάστατο περιβάλλον αποτελούν ακριβή αντίγραφα ενός σφαιρικού μοντέλου (instancing), δηλαδή όλοι οι πλανήτες έχουν ακριβώς την ίδια γεωμετρία, τον ίδιο αριθμό κορυφών αλλά και ακμών. Όμως ο κάθε πλανήτης έχει τον δικό model matrix, ο οποίος δημιουργείται τυχαία για κάθε αντίγραφο του σφαιρικού μοντέλου. Στον model matrix κάθε πλανήτη υπάρχει η πληροφορία για το που είναι τοποθετημένος (translation matrix) στον τρισδιάστατο χώρο αλλά και για το πόσο μεγάλος (scale matrix) θα είναι. Όλοι οι πλανήτες έχουν διαφορετικό πίνακα περιστροφής και δεν αλλάζει καθόλου κατά την εκτέλεση της εφαρμογής.

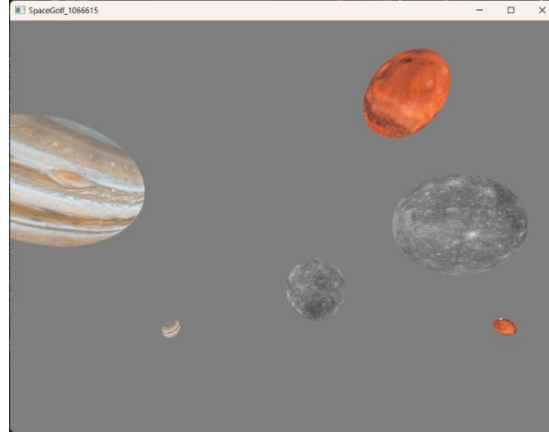
Καθώς όλοι οι πλανήτες σχεδιάζονται με μόνο μια εντολή, υπάρχει ένας αύξων ακέραιος αριθμός (ID) ξεκινώντας από το μηδέν που χρησιμεύει στο να γίνεται πιο εξατομικευμένη η σχεδίαση κάθε πλανήτη. Στην υλοποίησή μου αυτός ο αριθμός χρησιμεύει στην επιλογή της υφής (texture) που θα έχει ο κάθε πλανήτης αλλά και στο πόσο γρήγορα θα περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό το και αν θα είναι αριστερόστροφη ή δεξιόστροφη η περιστροφή του. Πιο συγκεκριμένα η επιλογή της υφής γίνεται χρησιμοποιώντας μια συλλογή (texture atlas) στον οποίο είναι αποθηκευμένα όλα τα texture των πλανητών το ένα κάτω από το άλλο.



Εικόνα 1: Texture atlas για τους πλανήτες

Όλες οι εικόνες της συλλογής έχουν ακριβώς το ίδιο μέγεθος και διαστάσεις και σε συνδυασμό με τον τρόπο που είναι δομημένη η συλλογή χρειάζεται μόνο ένας αριθμός για την επιλογή του texture κάθε φορά που είναι το ακέραιο υπόλοιπο του ID με το πλήθος όλων εικόνων της συλλογής. Έχοντας επιλέξει για παράδειγμα την δεύτερη εικόνα τώρα χρειάζεται να μετατρέψουμε την δεύτερη συνιστώσα των UV συνταγμένων στο διάστημα $[0.333, 0.666]$ από το αρχικό διάστημα $[0, 1]$.

Όσον αφορά το κομμάτι της περιστροφής των πλανητών δεν γίνεται με κάποιον πίνακα περιστροφής, όπως αναφέρθηκε νωρίτερα αλλά κουνώντας το texture στην επιφάνεια του μοντέλου. Αυτό γίνεται αλλάζοντας την πρώτη συνιστώσα των UV συντεταγμένων. Με αυτόν τον τρόπο φαίνεται να περιστρέφεται ο πλανήτης αλλά στην πραγματικότητα περιστρέφεται η εικόνα που είναι τυλιγμένη γύρω από αυτόν.



Εικόνα 2: Δημιουργία πλανητών

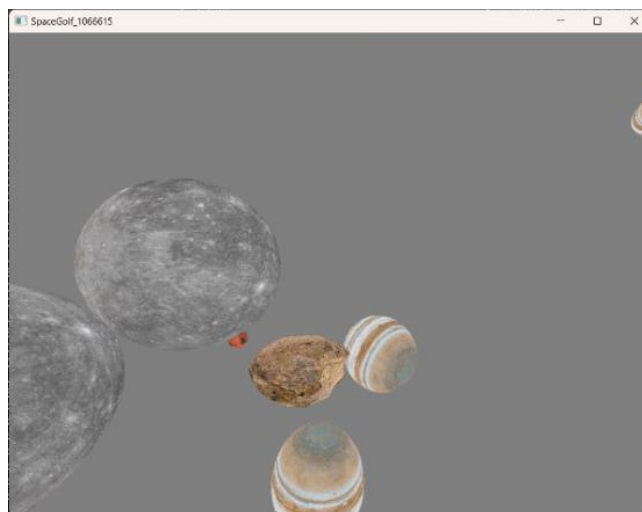
Μοντελοποίηση της Βαρυτικής Δύναμης

Για την προσομοίωση της μπάλας του γκολφ έχει δημιουργηθεί το μοντέλο ενός κομήτη, στο οποίο ασκούνται δυνάμεις από όλα τα ουράνια σώματα ανεξάρτητα από το πόσο κοντά ή μακριά βρίσκονται σε αυτόν. Οι βαρυτικές δυνάμεις υπολογίζονται και εφαρμόζονται μόνο για τον κομήτη με αποτέλεσμα να κινείται μόνο αυτός προς την κατεύθυνση της συνιστώσας δύναμης. Έτσι υπολογίζοντας την δύναμη που του ασκείται μπορούμε να βρούμε την επιτάχυνση που του ασκείται, έπειτα την ταχύτητα και τέλος τις συντεταγμένες στις οποίες θα βρίσκεται ο κομήτης στο επόμενο καρέ. Πιο αναλυτικά το μπλοκ των υπολογισμών:

$$acceleration_{t_i} = \frac{(\sum gravitational\ Force)_{t_i}}{mass_{comet}}$$

$$velocity_{t_i} = velocity_{t_{i-1}} + acceleration_{t_i} * dt$$

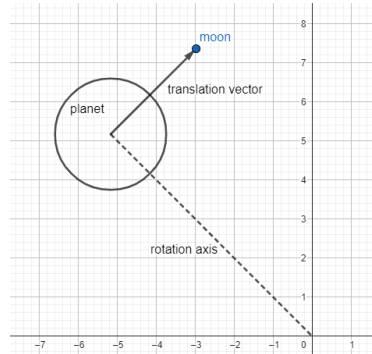
$$position_{t_i} = position_{t_{i-1}} + velocity_{t_i} * dt + \frac{acceleration_{t_i} * dt^2}{2}$$



Εικόνα 3: Εισαγωγή κομήτη και μοντελοποίηση της κίνησής του

Δημιουργία Δορυφόρων Πλανητών και η Τροχιά τους

Για τη δημιουργία των φεγγαριών ακολουθήθηκε παρόμοια διαδικασία με τη δημιουργία των πλανητών. Όμως τα φεγγάρια δεν πρέπει να είναι στατικά στη σκηνή αλλά να ακολουθούν μία τροχιά γύρω από τους πλανήτες. Αυτό γίνεται μέσω των πινάκων περιστροφής και πιο συγκεκριμένα η διαδικασία για την περιστροφή είναι η ακόλουθη. Πρώτα μετακινούμε το φεγγάρι στη θέση που είναι ο πλανήτης. Έπειτα το μετακινούμε κατά την κατεύθυνση ενός διανύσματος που είναι κάθετο στο διάνυσμα που ενώνει κέντρο του πλανήτη με την αρχή των αξόνων. Με αυτόν τον τρόπο το φεγγάρι βρίσκεται πλέον εκτός του πλανήτη και τώρα μπορούμε να εφαρμόσουμε τον πίνακα περιστροφής στο μοντέλο του φεγγαριού. Με αυτόν τον τρόπο θα περιστραφεί το φεγγάρι γύρω από την ευθεία που ενώνει το κέντρο του πλανήτη με την αρχή των αξόνων και έχοντας σαν κέντρο της τροχιάς του το κέντρο του πλανήτη.

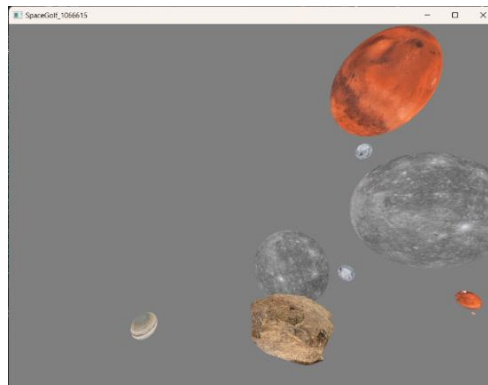


Εικόνα 4: Διαδικασία περιστροφής των φεγγαριών γύρω από τους πλανήτες

Τέλος, τα φεγγάρια περιστρέφονται γύρω από τον εαυτό τους με το ίδιο τρόπο που περιστρέφονται και οι πλανήτες και η επιλογή του texture κάθε φεγγαριού γίνεται με τον ίδιο τρόπο που γίνεται και στους πλανήτες.



Εικόνα 5: Texture atlas για τους δορυφόρους πλανήτες



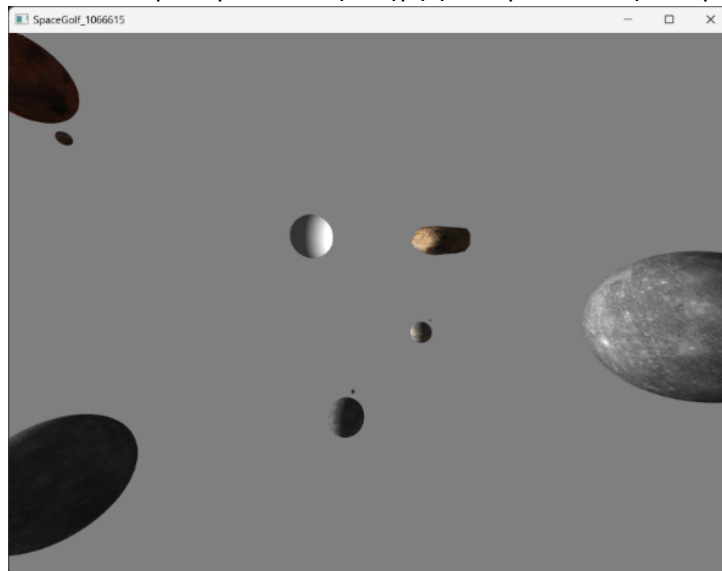
Εικόνα 6: Εισαγωγή φεγγαριών σε κάποιους πλανήτες

Μέρος Β

Σε αυτό το κομμάτι περιλαμβάνεται η εισαγωγή αλγορίθμων φωτισμού αλλά και σκίασης, που θα προσδώσουν στο τελικό αποτέλεσμα πιο ρεαλιστικά στοιχεία. Εκτός από αυτά προστίθεται στην εφαρμογή σύστημα σωματιδίων και πιο συγκεκριμένα δημιουργείται μια ουρά στον κομήτη από σωματίδια που προσημειώνουν τα υλικά που αφήνει ένας κομήτης πίσω του καθώς κινείται και τέλος ο χρήστης έχει τη δυνατότητα και να στοχεύσει προς όποια κατεύθυνση θέλει όπως σε ένα κλασικό παιχνίδι γκολφ.

Φωτισμός και Σκίαση

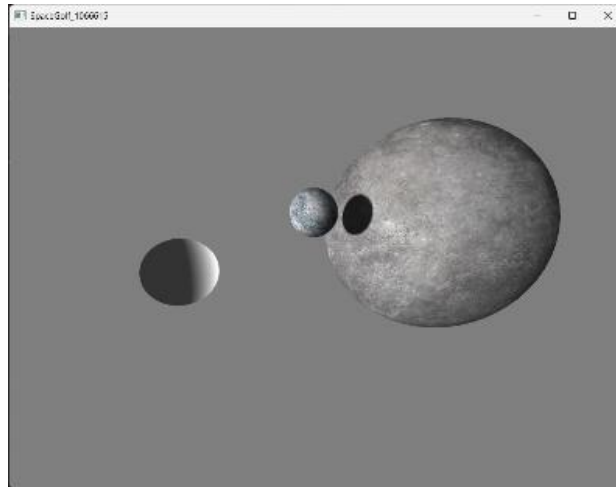
Ως πηγή φωτισμού έχει υλοποιηθεί μία πηγή κατευθυντικού φωτός (directional light source). Αυτή η πηγή έχει το χαρακτηριστικό ότι οι όλες οι ακτίνες φωτός είναι παράλληλες μεταξύ τους και προέρχονται από την ίδια κατεύθυνση, ανεξάρτητα την θέση της κάμερας ή του αντικειμένου. Επιπλέον σαν αλγόριθμος φωτισμού επιλέχτηκε ο αλγόριθμος του Phong, κατά τον οποίο η φωτεινότητα κάθε fragment υπολογίζεται από το άθροισμα τριών τιμών. Η πρώτη (ambient) αντιστοιχεί σε περιοχές που δεν φωτίζονται άμεσα από την πηγή. Σε αυτές τις περιοχές περιλαμβάνονται για παράδειγμα οι πίσω επιφάνειες των πλανητών και η τιμή αυτής της συνιστώσας έχει θεωρηθεί ότι είναι ίδια με το texture που έχει ο πλανήτης αλλά πολλαπλασιασμένη με μία πολλή μικρή σταθερά. Η δεύτερη συνιστώσα (diffuse) είναι υπεύθυνη για φωτεινές περιοχές και υπολογίζεται από το texture που έχει ο κάθε πλανήτης. Τέλος η τρίτη συνιστώσα (specular) ευθύνεται για την κατοπτρικότητα που έχει το μοντέλο και έχει θεωρηθεί ότι είναι σταθερή για όλο το μοντέλο. Στην εικόνα από κάτω βλέπουμε ότι η κατεύθυνση του φωτός είναι τα αριστερά προς τα δεξιά, πράγμα που φαίνεται από το γεγονός ότι η αριστερή πλευρά των πλανητών είναι φωτισμένη, αλλά και από το ότι η αριστερή πλευρά του μοντέλου που προσομοιώνει την πηγή φωτισμού είναι φωτισμένο.



Εικόνα 7: Επίδειξη της μεθόδου φωτισμού

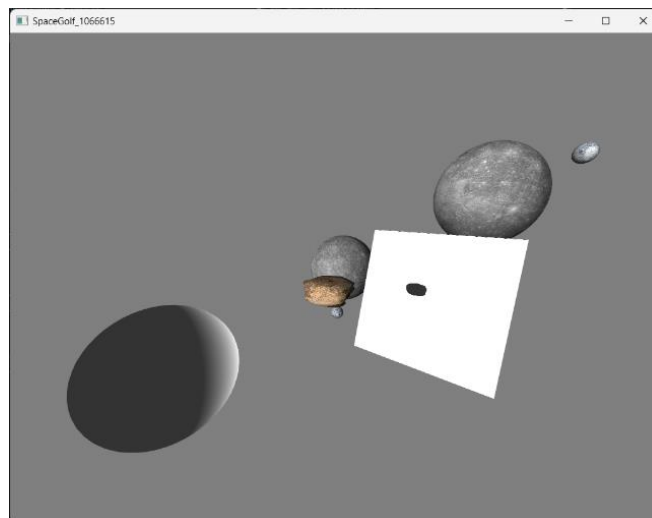
Για υπολογίσουμε τι σκιάζεται χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του shadow mapping. Σύμφωνα με αυτήν κάνουμε render τη σκηνή όπως θα την έβλεπε η πηγή φωτός. Με αυτόν τον τρόπο βρίσκουμε τι βλέπει κατευθείαν η πηγή και άρα φωτίζεται από αυτήν και ό,τι δεν μπορεί να δει πρέπει να είναι στη σκιά. Αυτήν η πληροφορία αποθηκεύεται σε ένα texture, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στο τελικό render για να σακιαστεί σωστά η σκηνή. Αυτή η μέθοδος έχει σαν μειονέκτημα ότι η σκίαση δεν γίνεται σε όλη τη σκηνή αλλά μόνο στο τμήμα που είναι ορατό από την πλευρά της πηγής φωτός. Αυτό όμως το πρόβλημα λύνεται αν τοποθετηθεί η πηγή

σε τέτοιο σημείο ώστε να μην υπάρχει τίποτα στα σημεία που δεν βλέπει και άρα να μην χρειάζονται να σκιαστούν.



Εικόνα 8: Επίδειξη της μεθόδου σκίασης

Τέλος, η άσπρη επιφάνεια που φαίνεται στην εικόνα από κάτω κινείται μαζί με την φωτεινή πηγή και είναι πάντα κάθετη στην διεύθυνση των ακτινών φωτός. Με αυτόν τον τρόπο οι σκιές που δημιουργούνται είναι πάντα ορατές. Ακόμα, το συγκριμένο επίπεδο έχει την δυνατότά να απομακρύνεται ή να πλησιάζει την πηγή αλλά και να αλλάζει το μέγεθος του.

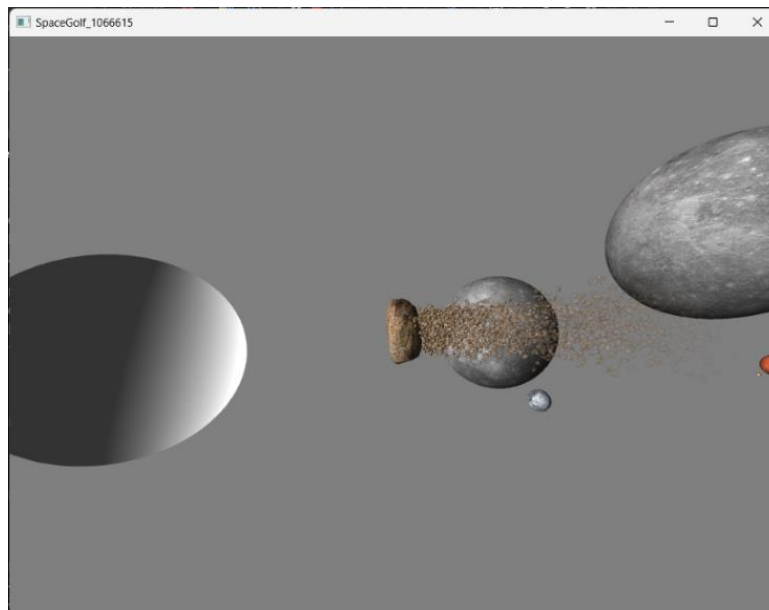


Εικόνα 9: Εισαγωγή της άδειας επιφάνειας για τις σκιές

Trail Particle System

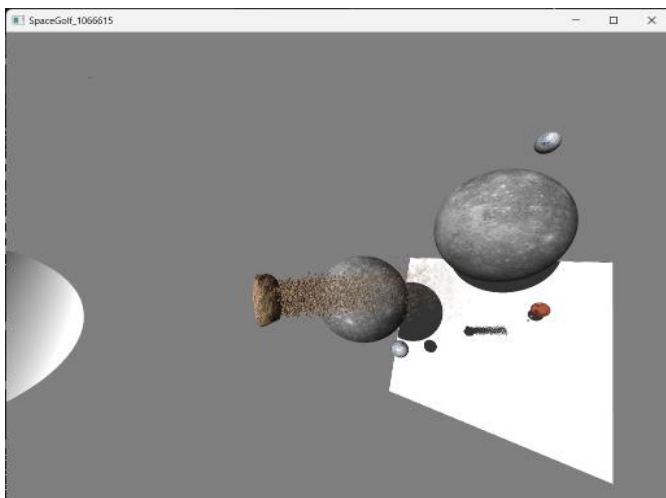
Για να είναι πιο ρεαλιστική η εφαρμογή υλοποιήθηκε η δυνατότητα στον κομήτη να αφήνει από πίσω ένα μονοπάτι από σωματίδια (particles), τα οποία θα προσημειώνουν την ουρά ενός κομήτη. Τα συγκεκριμένα σωματίδια είναι ακριβή αντίγραφα του κομήτη, αλλά έχουν μέγεθος πολύ μικρότερο από αυτόν. Κατά την δημιουργία της ουράς τα σωματίδια αυτά δεν δημιουργούνται ένα ένα κάθε φορά αλλά σε ομάδες (batch) για να είναι το αποτέλεσμα πιο κοντά στην πραγματικότητα. Επιπλέον έχουν σαν αρχική ταχύτητα ένα υποπολλαπλάσιο της ταχύτητας που έχει ο κομήτης τη στιγμή που δημιουργούνται, με αυτόν τον τρόπο τα σωματίδια δεν βρίσκονται ποτέ μπροστά από τον κομήτη και σταδιακά μένουν όλο και πιο πίσω από τον. Ακόμα τα σωματίδια καταστρέφονται τελείως όταν ξεπεράσουν ένα όριο απόστασης, δηλαδή όταν η θέση του σωματιδίου από τον κομήτη ξεπεράσει αυτό το όριο διαγράφεται από την δομή που είναι όλα τα σωματίδια αποθηκευμένα και στη συνέχεια

δημιουργείται ένα καινούργιο. Τέλος καθώς το σωματίδια απομακρύνονται από τον κομήτη γίνονται όλο και πιο διαφανή, για να είναι η μετάβαση από την μία κατάσταση στην άλλη όσο τον δυνατόν πιο ομαλή.

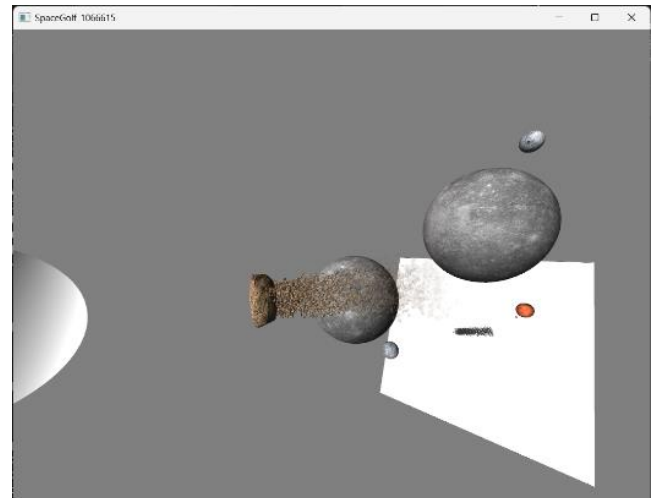


Εικόνα 10: Υλοποίηση της ουράς του κομήτη

Για να δημιουργούνται σκιές μόνο από την ουρά το κομήτη το μοναδικό πράγμα που χρειάζεται να κάνουμε είναι όταν γίνεται το render για τον υπολογισμό των σκιών και του shadow map να ζωγραφίζουμε μόνο τα αντικείμενα που θέλουμε να δημιουργούν σκιές. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε ευκολιά να παρατηρήσουμε στην κενή επιφάνεια την τροχιά που ακολουθεί ο κομήτης χωρίς να επηρεάζεται από τις σκιές που δημιουργούνται από τα υπόλοιπα μοντέλα της σκηνής.



Εικόνα 11: Σκιές από όλα τα αντικείμενα της σκηνής

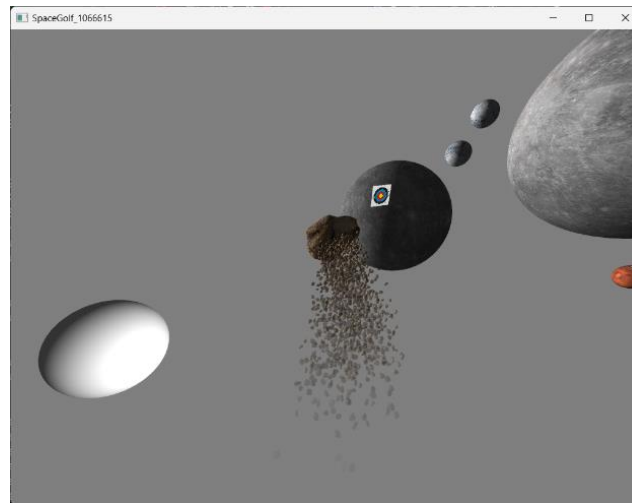


Εικόνα 12: Σκιές μόνο από την ουρά του κομήτη

Διαδικασία Στόχευσης

Η διαδικασία της στόχευσης γίνεται με ανάλογο τρόπο του υπολογισμού του διανύσματος για το που κοιτάει η κάμερα. Με άλλα λόγια ο κομήτης θα αποκτήσει αρχική ταχύτητα στην κατεύθυνση που κοιτάει η κάμερα. Για να είναι πιο εύκολο στον χρήστη να καταλάβει προς τα που θα κινηθεί ο κομήτης η κάμερα μετακινείται στο εσωτερικό του αντικειμένου. Με

αυτόν τον τρόπο ο χρήστης βλέπει τη σκηνή από την πλευρά πρώτου προσώπου (first person point of view) πράγμα που βοηθάει την διαδικασία της στόχευσης. Το μέτρο αυτής της αρχικής ταχύτητας μπορεί να ρυθμιστεί με τα πλήκτρα «+» και «-» για να αυξηθεί ή να μειωθεί το μέτρο αντίστοιχα. Για να εκτοξευτεί ο κομήτης προς αυτήν την κατεύθυνση πρέπει ο χρήστης να ενεργοποιήσει την διαδικασία της στόχευσης πατώντας το κουμπί «2» και στη συνέχεια αφού έχει αποφασίσει την κατεύθυνση και το μέτρο πατάει το πλήκτρο «space» για να αρχίσουν να ασκούνται στο σώμα οι βαρυτικές δυνάμεις και να κινείται στη σκηνή υπό την επίδρασή τους.



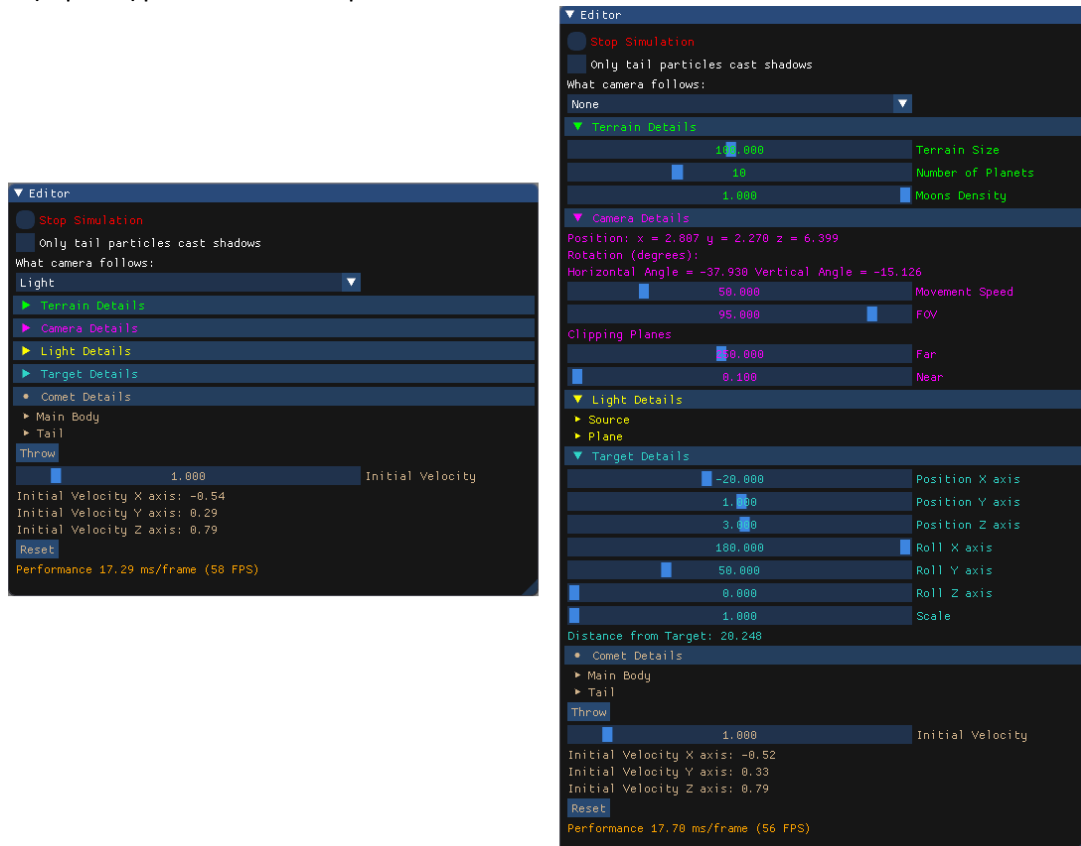
Εικόνα 13: Στόχευση

Bonus

Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζεται το τελικό αποτέλεσμα με κάποιες οπτικές αλλά και λειτουργικές βελτιώσεις. Πιο συγκεκριμένα υλοποιήθηκε ένα skybox για να βελτιώσει το οπτικό αποτέλεσμα και αναπτύχθηκε ένα γραφικό περιβάλλον (GUI) στο οποίο παρουσιάζονται κάποια χρήσιμα στοιχεία (FPS, θέση και ταχύτητα του κομήτη, κ.α.).

Δημιουργία GUI

Το GUI (Graphical User Interface) είναι μια μορφή διεπαφής που επιτρέπει στους χρήστες να αλληλεπιδρούν με την εφαρμογή μέσω γραφικών στοιχείων, όπως κουμπιά, μενού και διαγράμματα. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή είναι αρκετά χρήσιμο καθώς οι παράμετροι που μπορεί να ρυθμιστούν είναι αρκετοί και θα ήταν δύσκολο να γίνεται με κάποιο συνδυασμό πλήκτρων ή με κάποιο άλλο τρόπο.



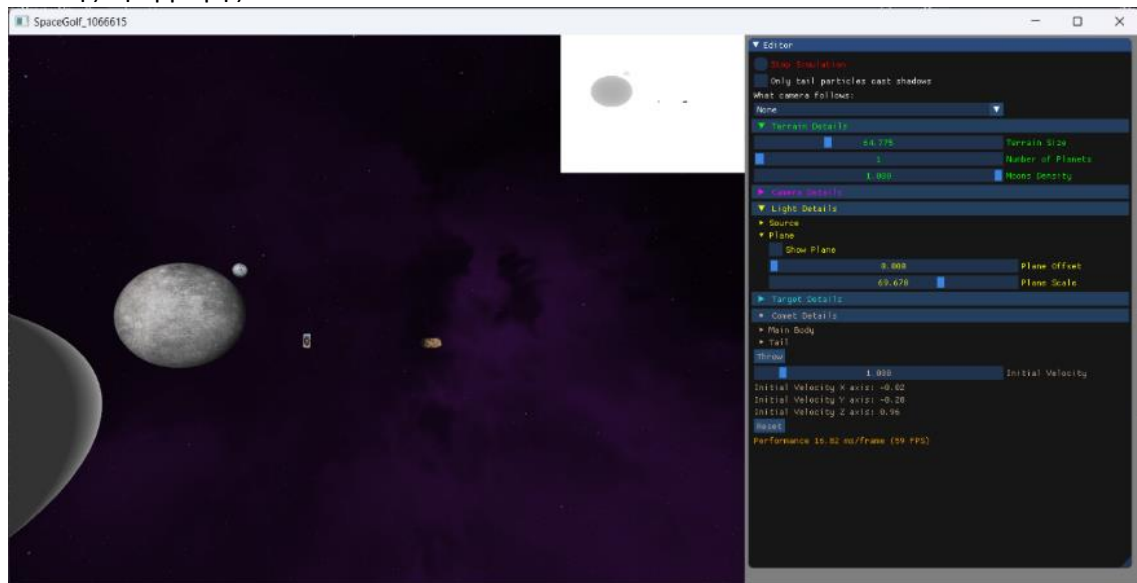
Εικόνα 14: Δημιουργία GUI

Στις από πάνω εικόνες βλέπουμε το GUI που αναπτύχθηκε για την εφαρμογή. Όπως βλέπουμε δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να ρυθμίζει διάφορες παράμετροι για την κάμερα, το μέγεθος της σκηνής, το πλήθος των πλανητών αλλά και να παρέχει πληροφορίες για την κατάσταση του κομήτη.

Εισαγωγή Skybox

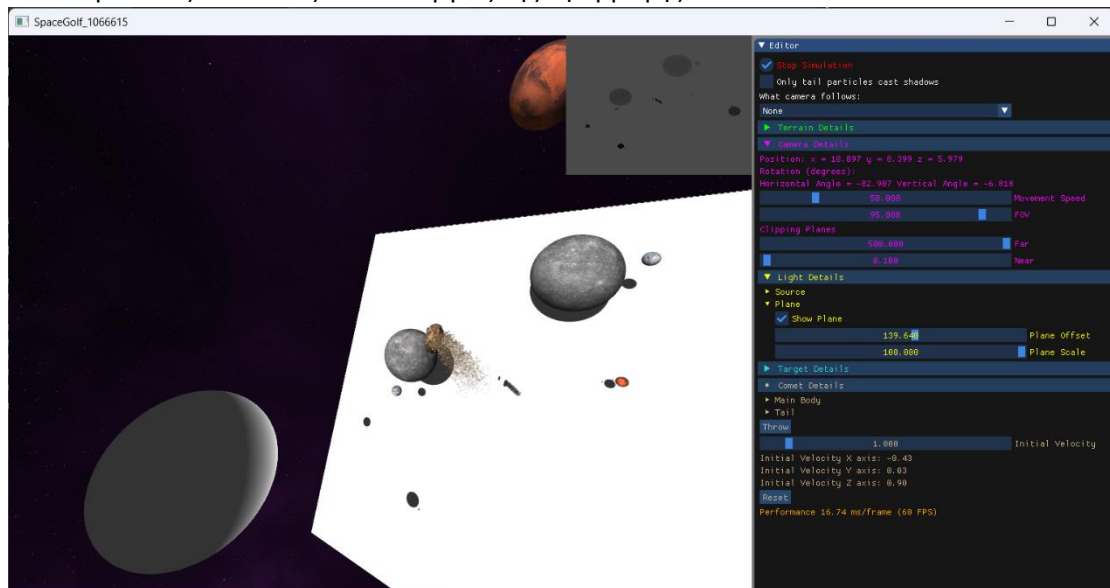
Το Skybox είναι μια τεχνική απεικόνισης στα γραφικά υπολογιστών που χρησιμοποιείται για να προσομοιώσει τον ουρανό στα παιχνίδια και σε εφαρμογές που χρειάζεται να φαίνεται ότι ο σκηνή δεν έχει τέλος. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιεί έναν κύβο που περιβάλλει τον παίκτη και προβάλλει μια εικόνα σε κάθε πλευρά του κύβου, οι οποίες στο τέλος συνδυάζονται και δημιουργούν το τελικό περιβάλλον. Η τεχνική αυτή δημιουργεί μία αίσθηση ελευθέριας στον χρήστη, διατηρώντας τον όμως σταθερό στο κέντρο του κόσμου ή της σκηνής. Στην

συγκεκριμένη εφαρμογή επιλέχθηκε ένα skybox με θέμα το διάστημα λόγω του περιεχομένου της εφαρμογής.



Εικόνα 15: Εισαγωγή skybox

Στην από κάτω εικόνα φαίνεται το τελικό αποτέλεσμα την εφαρμογής που αναπτύχθηκε, όπου παρουσιάζονται όλες οι λειτουργίες της εφαρμογής.



Εικόνα 16: Τελικό αποτέλεσμα