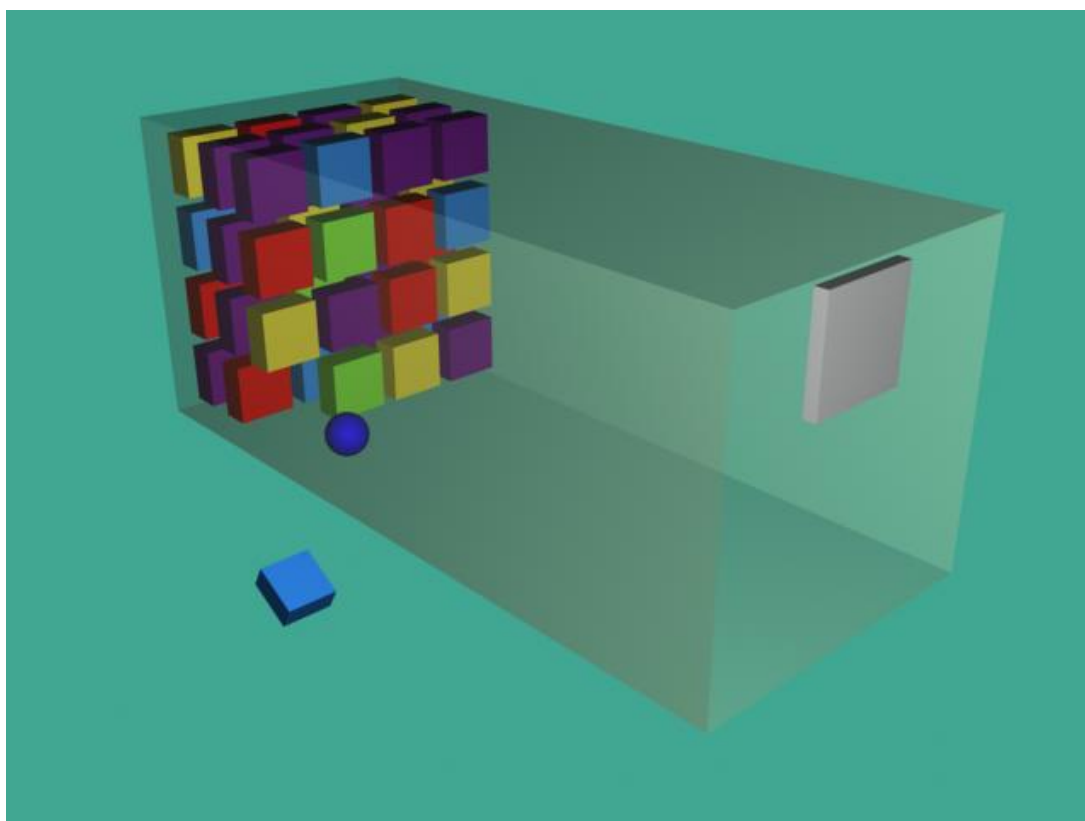




Άσκηση 3 Μαΐου 2021

1 Αντικείμενο

Σε αυτή την άσκηση θα κατασκευάσετε μία απλή τριδιάστατη παραλλαγή του κλασικού παιχνιδιού Arcanoid. Το παιχνίδι θα πρέπει να μοιάζει όπως φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα και στο συνοδευτικό βίντεο.



Το παιχνίδι διεξάγεται σε έναν φραγμένο **χώρο**. Στη μία άκρη του χώρου του παιχνιδιού βρίσκονται διατεταγμένα σε στρώσεις ορισμένα χρωματιστά **τούβλα**. Στην άλλη άκρη του χώρου βρίσκεται μία **ρακέτα** η οποία κινείται στο επίπεδο του πίσω μέρους του χώρου. Στο εσωτερικό του χώρου του παιχνιδιού κινείται μια **μπάλα** η οποία αναπηδά πάνω στα τοιχώματα του χώρου, στη ρακέτα και στα τούβλα.

Κάθε φορά που η μπάλα χτυπά ένα τούβλο, αυτό απομακρύνεται από το χώρο του παιχνιδιού. Ο σκοπός του παιχνιδιού είναι να απομακρυνθούν όλα τα τούβλα χωρίς να ξεφύγει η μπάλα πίσω από τη ρακέτα.

2 Ζητούμενα και επεκτάσεις

1. Όταν η μπάλα χτυπάει ένα τούβλο, αυτό εξαφανίζεται από τη σκηνή. Ζητείται τουλάχιστον να εξαφανίζεται αμέσως μόλις χτυπηθεί.
Επιπλέον θα βαθμολογηθούν (ανάλογα με τη δυσκολία υλοποίησής τους) άλλα εφέ κατά την απομάκρυνση ενός τούβλου από τη σκηνή. Για παράδειγμα, μπορεί σταδιακά να γίνεται πιο διαφανές, μέχρι να εξαφανιστεί, ή μπορεί να στροβιλίζεται, όπως στο συνοδευτικό βίντεο.
2. Ως προς την κίνηση της ρακέτας, ζητείται να δημιουργήσετε δύο εκδοχές του παιχνιδιού (μπορούν να επιλέγονται στην αρχή, ή με παράμετρο γραμμής εντολών, ή όπως αλλιώς προτιμάτε):
 - Στην πρώτη εκδοχή, η ρακέτα θα κινείται μαζί με την μπάλα ώστε να την αποκρούει πάντα (και δεν ελέγχεται από τον χρήστη).
 - Στην δεύτερη εκδοχή, η ρακέτα θα ελέγχεται από τον χρήστη με το πληκτρολόγιο (ή και με το ποντίκι, αν θέλετε). Σε αυτή την περίπτωση, αν η μπάλα φύγει πίσω από τη ρακέτα, τοποθετείται και πάλι στην αρχική της θέση ώστε να συνεχιστεί το παιχνίδι.
3. Στην περίπτωση που η ρακέτα ελέγχεται από τον χρήστη, μπορείτε (δεν είναι υποχρεωτικό) να υλοποιήσετε σύστημα με «ζωές», επίπεδα, κ.λπ.
4. Η κάμερα τοποθετείται πίσω και πάνω από τη σκηνή, όπως στην εικόνα, ώστε να φαίνεται όλος ο χώρος του παιχνιδιού, και κοιτάζει προς το κέντρο (ή περίπου, όπως θα φαίνεται καλύτερα) του χώρου του παιχνιδιού. Επιπλέον θα βαθμολογηθεί η δυνατότητα μετακίνησης της κάμερας γύρω από τον χώρο του παιχνιδιού ή/και η αλλαγή της απόστασής της από αυτόν.
5. Γενικά, μπορείτε να προσθέσετε οποιαδήποτε στοιχεία παραπάνω από τα ελάχιστα ζητούμενα που περιγράφηκαν.

3 Βοηθητικά στοιχεία για την υλοποίηση

3.1 Σχεδίαση σκηνής

Ο χώρος του παιχνιδιού ορίζεται από ένα παραλληλεπίπεδο. Είναι πιο εύκολο να θεωρήσετε ότι η ρακέτα κινείται πάνω στο επίπεδο xy και το παραλληλεπίπεδο εκτείνεται προς τον αρνητικό άξονα z . Το παραλληλεπίπεδο μπορεί να οριστεί από 6 αριθμούς, x_{\min} , x_{\max} , y_{\min} , y_{\max} , z_{\min} , z_{\max} (με $z_{\max} = 0$ το επίπεδο στο οποίο κινείται η ρακέτα, και πιθανώς $x_{\min} = -x_{\max}$ και $y_{\min} = -y_{\max}$). Η βάση του μπορεί να είναι τετράγωνη, όπως στην εικόνα, ή και όχι. Φροντίστε να ορίσετε το βάθος του παραλληλεπιπέδου αρκετά μεγάλο.

Ο χώρος του παιχνιδιού πρέπει να υλοποιηθεί ως **σύνολο από τρίγωνα** (όχι ως σύνολο από παραλληλεπίπεδα), να είναι ημιδιαφανής και να είναι ανοικτός (χωρίς τρίγωνα) από τη μεριά της ρακέτας.

Τα τούβλα και η ρακέτα μπορούν να υλοποιηθούν ως παραλληλεπίπεδα (παραμορφωμένοι **κύβοι**). Τα τούβλα έχουν διάφορα χρώματα (μπορείτε να τα ορίσετε τυχαία ή με όποιον άλλο τρόπο προτιμάτε) και τοποθετούνται, όπως φαίνεται στην εικόνα, σε τουλάχιστον 3 ή 4 στρώσεις, σε ομοιόμορφα διαστήματα (όχι εντελώς κολλητά μεταξύ τους). Η ρακέτα είναι μεγαλύτερη από τα τούβλα αλλά αρκετά μικρή σε σχέση με το χώρο στον οποίο κινείται!

Τέλος, η μπάλα μπορεί ασφαλώς να υλοποιηθεί ως σφαίρα. Μπορείτε (όχι υποχρεωτικά) να κάνετε το χρώμα της σφαίρας να αλλάζει με βάση την απόστασή της από τη βάση του χώρου του παιχνιδιού, ώστε να είναι πιο εύκολα κατανοητή η απόσταση αυτή.

Καλό θα ήταν όλες οι διαστάσεις (του χώρου του παιχνιδιού αλλά και των αντικειμένων) να ορισθούν ως μεταβλητές / σταθερές ώστε να μπορούν να αλλάξουν εύκολα.

3.2 Κίνηση

Η **μπάλα** του παιχνιδιού τοποθετείται αρχικά σε μία συγκεκριμένη θέση (π.χ. στο μέσο της ρακέτας ή στο κέντρο του χώρου του παιχνιδιού), και ξεκινάει να κινείται σε τυχαία διεύθυνση προς τα τούβλα.

Η κίνηση της μπάλας υλοποιείται με τη βοήθεια του διανύσματος της ταχύτητάς της, έστω $\vec{v} = (v_x, v_y, v_z)$. Από τις εξισώσεις κίνησης, αν $\mathbf{p} = (p_x, p_y, p_z)$ είναι η θέση της μπάλας κάποια στιγμή, μετά από χρονικό διάστημα Δt η θέση της θα είναι $\mathbf{p}' = \mathbf{p} + \Delta t \cdot \vec{v}$. Το μέτρο της ταχύτητας είναι σταθερό, και μπορεί (προαιρετικά) να αυξομειώνεται από τον χρήστη (μέσα σε κάποια όρια, π.χ. ανάλογα με τη δυσκολία που θέλετε να έχει το παιχνίδι), μέσω του πληκτρολογίου.

Όταν η μπάλα συγκρουστεί με αντικείμενα της σκηνής (τοιχώματα χώρου, τούβλα, ρακέτα), η φορά της ταχύτητάς της αλλάζει σύμφωνα με τους κανόνες της ελαστικής κρούσης. Εδώ, επειδή όλα τα αντικείμενα είναι παράλληλα με τα βασικά επίπεδα, η αλλαγή της φοράς της ταχύτητας μπορεί να υπολογιστεί απλά: αν, π.χ., η μπάλα φτάσει στο κάτω όριο του χώρου του παιχνιδιού, θα αλλάξει μόνο η y συνιστώσα της ταχύτητας και το νέο διάνυσμα της ταχύτητας θα είναι $\vec{v}' = (v_x, -v_y, v_z)$.

Ως προς τη **ρακέτα**, αυτή κινείται ουσιαστικά σε δύο διαστάσεις, πάνω στο επίπεδο του πίσω μέρους του χώρου του παιχνιδιού (x και y στην προτεινόμενη χωροθέτηση του παιχνιδιού). Για την περίπτωση που ελέγχεται αυτόματα και «ακολουθεί» την μπάλα, όταν η μπάλα βρίσκεται στη θέση $\mathbf{p} = (p_x, p_y, p_z)$, το κέντρο της ρακέτας θα πρέπει να είναι στη θέση $(p_x, p_y, 0)$, υποθέτοντας ότι κινείται πάνω στο επίπεδο xy ($z = 0$). Σε όλες τις μορφές κίνησης, πρέπει ασφαλώς η ρακέτα να παραμένει εξολοκλήρου μέσα στο χώρο του παιχνιδιού, λαμβάνοντας υπόψιν τις διαστάσεις της.

3.3 Ανίχνευση συγκρούσεων

Για την ανίχνευση συγκρούσεων μεταξύ της μπάλας και των διαφόρων στοιχείων του παιχνιδιού, αρκεί να ελέγχονται τα όρια του στοιχείου με την θέση και ακτίνα της μπάλας. Για παράδειγμα, αν ένα τούβλο διαστάσεων (s_x, s_y, s_z) έχει το κέντρο του στη θέση (c_x, c_y, c_z) , και η μπάλα ακτίνας r βρίσκεται στη θέση (p_x, p_y, p_z) , τότε τα δύο αντικείμενα θεωρείται ότι συγκρούονται αν:

$$|c_x - p_x| < \frac{s_x}{2} + r \quad \text{AND} \quad |c_y - p_y| < \frac{s_y}{2} + r \quad \text{AND} \quad |c_z - p_z| < \frac{s_z}{2} + r$$

Όμοια αντιμετωπίζεται η σύγκρουση με τη ρακέτα.,

Ο έλεγχος σύγκρουσης με τα όρια του χώρου παιχνιδιού είναι πιο εύκολος. Αρκεί να συγκριθεί η θέση της μπάλας με το κάθε ένα από τα επίπεδα που ορίζουν τον χώρο. Για παράδειγμα, η μπάλα συγκρούεται με το αριστερό επίπεδο αν $p_x - r < x_{\min}$ ενώ με το δεξιό αν $p_x + r > x_{\max}$ (για την προτεινόμενη χωροθέτηση του παιχνιδιού).

Οι συγκρούσεις θα πρέπει να ελέγχονται σε κάθε καρέ, πριν από τον υπολογισμό της νέας ταχύτητας και της νέας θέσης της μπάλας. Αν βρεθούν πολλαπλές συγκρούσεις με τούβλα να αγνοούνται όλες εκτός από την πρώτη.

3.4 Κάμερα

Εφόσον υλοποιήσετε την κίνηση της κάμερας από τον χρήστη, μπορείτε να θεωρήσετε ότι η κάμερα κινείται πάνω στην επιφάνεια μίας σφαίρας, με κέντρο το κέντρο της σκηνής και ακτίνα που εξαρτάται από την απόστασή της από τη σκηνή. Για να υπολογίσετε εύκολα την κίνηση της κάμερας μπορείτε να χρησιμοποιήσετε **σφαιρικές συντεταγμένες**. Συνοπτικά, αν ένα σημείο έχει

σφαιρικές συντεταγμένες (r, φ, θ) , οι καρτεσιανές συντεταγμένες του (x, y, z) είναι:

$$x = r \sin \theta \cos \varphi$$

$$y = r \sin \theta \sin \varphi$$

$$z = r \cos \theta$$

Δείτε το άρθρο της Wikipedia για περισσότερες πληροφορίες και επεξηγηματικά σχήματα (http://en.wikipedia.org/wiki/Spherical_coordinate_system).

Αναζητήστε πληροφορίες για τη συνάρτηση `gluLookAt()`, η οποία θα σας βοηθήσει στο στήσιμο της κάμερας.

4 Διαδικαστικά

Η άσκηση μπορεί να υλοποιηθεί από 1 ή 2 άτομα. Είναι **υποχρεωτική**, και θα μετρήσει σε ποσοστό 60%–70% του βαθμού σας. Τα υποχρεωτικά στοιχεία αντιστοιχούν σε 10 μονάδες, ενώ οι επεκτάσεις βαθμολογούνται επιπλέον μέχρι 4 μονάδες ακόμη.

Πρέπει να παραδώσετε τον **κώδικα** που αναπτύξατε καθώς και μία σύντομη **αναφορά** (μέχρι περίπου 2 σελίδες) που να αναφέρεται στην υλοποίησή σας: πώς σχηματίστηκε η σκηνή, πώς υλοποιήθηκε η κίνηση, ενδιαφέροντα ζητήματα που επιλύσατε, τις επεκτάσεις που τυχόν υλοποιήσατε, κ.λπ.

Για απορίες έχει δημιουργηθεί σχετική **περιοχή συζητήσεων** στο eclass.

Προθεσμία παράδοσης: Θα ανακοινωθεί αργότερα. Μετά την παράδοση της εργασίας θα γίνει **προφορική εξέταση** αυτής.