

Ξεκινώντας με την εκτύπωση 3D

Παρουσιάζοντας ισχυρές ιδέες μέσα από απτό σχεδιασμό

Εισαγωγή

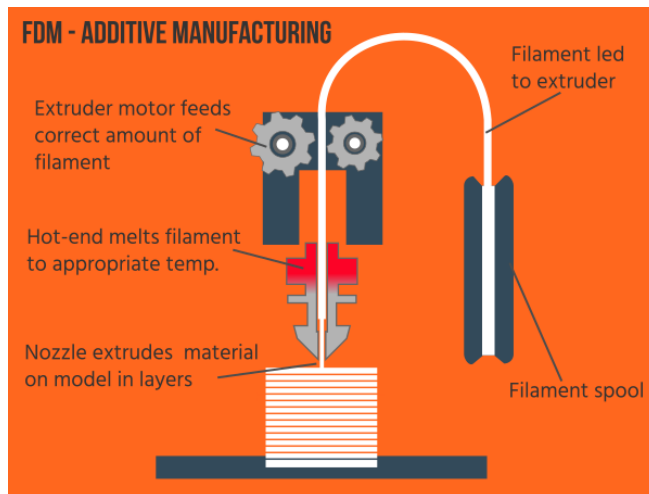
	2
Εκτύπωση	2
Ορολογία	3
Γενικά	3
Μορφές αρχείων	4
3D εκτυπωτής	4
Μοντελοποίηση CAD με tinkercad	5
Πρόκληση πρόκλησης 1 Ετικέτα ονόματος	
STL, αναλυτές και 3D εκτύπωση	11
Εγκύκλιοι	13
Προσανατολισμός	14
Έξυπνο σχέδιο	14
Γέμισμα και περιγράμματα	15
Προκλήσεις σχεδίασης: τύποι αντοχής και τρισδιάστατη εκτύπωση	17
19	
Σχεδίαση	19
Απαιτήσεις	
Σχεδιασμός και εκτύπωση	
Υπολογισμοί και μετρήσεις	21
Αυτοαξιολόγηση και προβληματισμό	22
Πώς να ισορροπήσετε τη δομή και την ελευθερία σε ένα έργο	23
Τι λέει η γραφή;	
Το σύστημα 25	
Περίληψη	26

Εισαγωγή

Οι εκτυπωτές 3D κάνουν την εμφάνισή τους σιγά αλλά σταθερά σε αίθουσες διδασκαλίας και εκπαιδευτικά ιδρύματα, από το δημοτικό σχολείο έως τα πανεπιστήμια. Η τεχνολογία παρέχει ισχυρές υποσχέσεις για τη σύνδεση του εικονικού κόσμου με το φυσικό, παρέχοντας τη δυνατότητα να δουν τα ψηφιακά σχέδια που δημιουργούνται σε έναν υπολογιστή να ζωντανεύουν. Ωστόσο, ο δρόμος για την επιτυχή ολοκλήρωση της τεχνολογίας στην τάξη και η καθιέρωση της τεχνολογίας σε ένα πανταχού παρόν εργαλείο για όλους μπορεί να είναι τρομακτικό. Αυτός ο οδηγός είναι μια προσπάθεια να διευκολυνθεί αυτό το ταξίδι και να φτάσουμε στο σημείο όπου μπορούν να διδαχθούν ισχυρές ιδέες μέσω της πιο διαταραγμένης τεχνολογίας του 21ου αιώνα. Η διαδικασία λήψης και λειτουργίας τρισδιάστατων εκτυπωτών πρέπει να περιλαμβάνει διευθυντές σχολείων, εκπαιδευτικούς και φυσικά μαθητές. Αυτό καθιστά ένα καθήκον που θα είναι πάντοτε έντονο σε πόρους, ανεξάρτητα από το πόση υποστήριξη παρέχεται από διαφορετικούς τομείς. Ωστόσο, η αποπληρωμή μπορεί να είναι τεράστια και αυτή η συλλογή σελίδων θα περιλαμβάνει επίσης παραδείγματα σχεδίων μαθήματος που έχουν δοκιμαστεί με εξαιρετικά αποτελέσματα στις ρυθμίσεις της τάξης. Κατά τη διάρκεια αυτών των συναντήσεων, οι μαθητές πραγματικά βυθίστηκαν στα έργα και παρατηρήθηκαν πολλά ενδιαφέροντα και βαθιά μαθησιακά αποτελέσματα.

FDM 3D εκτύπωση

Παρόλο που υπάρχουν αρκετές διαφορετικές τεχνολογίες για την εκτύπωση 3D, αυτή που συχνά βρίσκει το δρόμο στις αίθουσες διδασκαλίας είναι οι 3D εκτυπωτές FDM ή FFF. Άλλα



συστήματα όπως το SLA και το SLS είναι συχνά υπερβολικά δαπανηρά ή ακατάλληλα για χρήση στην τάξη. Η εκτύπωση FDM 3D λειτουργεί με μια κάπως απλή αρχή, η οποία είναι η μετακίνηση μιας κεφαλής εκτύπωσης, ενώ παράλληλα εξάγεται πλαστικό, δημιουργώντας έτσι στρώματα αντικειμένων με στρώσεις. Ωστόσο, παρόμοιες απλές αρχές, οι ιδιαιτερότητες της τρισδιάστατης εκτύπωσης μπορούν να εξελιχθούν περίπλοκα μόλις μία βυθιστεί κάτω από την τρύπα του κουνελιού. Πολλά ζητήματα μπορεί να

έχουν κατά τη χρήση αυτής της μεθόδου παραγωγής, και υπάρχουν πολλές διαφορετικές λύσεις σε αυτές. Σε αυτή την ενότητα δεν θα επιχειρήσετε να περάσετε από όλες τις πτυχές της εκτύπωσης 3D FDM, καθώς αυτό είναι πολύ εκτεταμένο. Αντ' αυτού, το λεξιλόγιο θα παρέχεται για βασικούς όρους στην εκτύπωση 3D FDM και θα αναφέρονται άλλες πηγές. Η κοινότητα εκτύπωσης 3D είναι πολύ ενεργή στην κοινή χρήση, πράγμα που σημαίνει ότι υλικό εκτεταμένης ποιότητας μπορεί να βρεθεί απευθείας σύνδεση για σχεδόν οποιαδήποτε πτυχή της εκτύπωσης 3D FDM..

Ορολογία¹

Καθώς η εκτύπωση 3D είναι ένα τέτοιο νέο πεδίο, η ορολογία της βιομηχανίας μπορεί μερικές φορές να προκαλέσει σύγχυση και μάλιστα αντιφατική. Παρακάτω είναι μια σχετικά σύντομη λίστα ορολογίας που μπορεί να σας βοηθήσει να ξεκινήσετε. Η λίστα δεν είναι πουθενά κοντά, αλλά οι μεγάλες πηγές σε απευθείας σύνδεση θα πρέπει να τρέχουν σε όρους που δεν είστε εξοικειωμένοι με.

Γενικά:

- **Παραγωγή προσθέτων**

Η Παρασκευή προσθέτων είναι η διαδικασία δημιουργίας ενός τρισδιάστατου αντικειμένου ενός λεπτού στρώματος κάθε φορά. Η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι μόνο μια κατηγορία παραγωγής πρόσθετων, αν και οι δύο όροι θεωρούνται συχνά ότι σημαίνουν το ίδιο πράγμα.

- **Σχεδιασμός με υπολογιστή (CAD)**

- Ο σχεδιασμός με τη βοήθεια υπολογιστή ή το CAD είναι ένα λογισμικό που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν μοντέλα είτε σε δύο είτε σε τρισδιάστατα σχήματα. Ενώ το CAD σχεδιάστηκε αρχικά για χρήση στην αρχιτεκτονική και τις βιομηχανίες κατασκευής, οι φιλικές προς τον καταναλωτή εφαρμογές είναι πλέον άμεσα διαθέσιμες για μικρό ή μηδενικό κόστος.

- **Κατασκευή πυροσβεσμένων νημάτων (FFF)**

- Μια τεχνολογία κατασκευής προσθέτων που βασίζεται στην αρχή της τοποθέτησης υλικού σε στρώσεις. Έχει ομοιότητες με τον όρο FDM (σύντηξη μοντελοποίησης εναπόθεσης), ωστόσο, ο FDM είναι όρος εμπορικού σήματος. Επομένως, το FFF θα χρησιμοποιηθεί από αυτό το σημείο.

- **Νήμα**

- Το υλικό που χρησιμοποιείται για εκτύπωση 3D. Έχει το σχήμα ενός σύρματος και συνήθως είναι τυλιγμένο σε ένα καρούλι. Συνήθως αποτελούνται από διαφορετικά πλαστικά υλικά.

- **Πολυγαλακτικό οξύ (PLA)**

- Ένα σκληρό, άοσμο βιοπλαστικό που έχει χαμηλό περιβαλλοντικό αντίκτυπο. Προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές με βάση το άμυλο. Το PLA έχει πολύ χαμηλή συρρίκνωση, το οποίο είναι ιδανικό για 3D μοντέλα και πρωτότυπα στο σπίτι.

- **Ανάλυση στρώματος**

- Η ανάλυση στρώματος (ή το ύψος στρώματος) περιγράφει το πάχος ενός στρώματος της 3D εκτύπωσης.

- **Τεμαχισμός**

- Η διαδικασία μετατροπής ενός τρισδιάστατου μοντέλου, όπως ενός αρχείου STL, σε ένα εκτυπώσιμο αρχείο, όπως ένας κωδικός G ή ένας κώδικας F. Θα διαιρέσει το μοντέλο σε "φέτες", έτσι ώστε ο 3D εκτυπωτής να μπορεί να το δημιουργήσει σε στρώσεις. Παραδείγματα τεμαχιστών είναι τα εξής: Cura, Slic3r, Simplify 3D και δημιουργήστε το δικό του REALvision.

¹ Ο κατάλογος αυτός έχει γίνει με έμπνευση από τους ακόλουθους πόρους:
<https://ultimaker.com/en/resources/11720-terminology> <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/definitive-3d-printing-glossary>
<https://all3dp.com/1/3d-printing-terms-terminology-glossary/>

Μορφές αρχείων

- **Stl**
 - Μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μορφή αρχείου για 3D μοντέλα κατά την εκτύπωση 3D.
- **G-code**
 - Μια μορφή αρχείου που χρησιμοποιείται για μοντέλα εκτύπωσης 3D (αφού έχει γίνει slice).
- **Κωδικός F**
 - Μια μορφή αρχείου που χρησιμοποιείται από τη δημιουργία είναι πραγματική για την επίτευξη υψηλών EDS SPE. Ο F-code είναι πιο χαμηλό επίπεδο από το G-code, επιτρέποντας ορισμένα χαρακτηριστικά στη δημιουργία του πλατφόρμα REAL είναι

Τρισδιάστατος εκτυπωτής

- **Εξωθητήρας**
 - Κοινό όνομα για τα μέρη που ελέγχουν την εξώθηση του νήματος.
- **Κεφαλή εκτύπωσης**
 - Το τμήμα ενός 3D εκτυπωτή από το οποίο εξωθείται υλικό από το υλικό. Είναι ένα συγκρότημα πολλαπλών εξαρτημάτων που περιλαμβάνει το ακροφύσιο στην περίπτωση του FFF.
- **Ακροφύσιο**
 - Το τμήμα ενός 3D εκτυπωτή από τον οποίο εξωθείται το δομικό υλικό.
- **Εκτύπωση πλάκας / πλάκα κατασκευής**
 - Η κλίση εκτύπωσης ή η πλάκα κατασκευής χρησιμοποιούνται μερικές φορές εναλλακτικά. Αυτή είναι μια επίπεδη επιφάνεια, ότι το αντικείμενο είναι χτισμένο πάνω.
- **Ξύλινη επένδυση**
 - Η ισοπέδωση του στρώματος εκτύπωσης (μερικές φορές αναφέρεται ως βαθμονόμηση) είναι η διαδικασία να βεβαιωθείτε ότι το κρεβάτι εκτύπωσης έχει ακριβώς τη σωστή απόσταση από το ακροφύσιο για να βεβαιωθείτε ότι το αντικείμενο θα κολλήσει στο κρεβάτι. Ανάλογα με το μοντέλο του εκτυπωτή, αυτό μπορεί να είναι περισσότερο ή λιγότερο αυτόματο.
- **Άξονας XYZ**
 - Η τρισδιάστατη εκτύπωση στις περισσότερες περιπτώσεις θεωρείται ως καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων, με τα X και Y να είναι το επίπεδο στο οποίο είναι χτισμένο κάθε στρώμα και το ύψος του άξονα Z. Εξαιρέσεις είναι το Δέλτα και το διπολικό σύστημα.
- **Βηματικοί κινητήρες**
 - Οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται συνήθως για τον έλεγχο ενός 3D εκτυπωτή. Ένας 3D εκτυπωτής αποτελείται κυρίως από τουλάχιστον τέσσερις βηματικούς κινητήρες, έναν κάθε άξονα και έναν ή περισσότερους που χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία του νήματος.
- **Ελεγκτής**

◦ Για την εκκίνηση του εκτυπωτή απαιτείται λογισμικό και υλικό ελεγκτή που περιέχει PCB. Δημιουργήστε το REAL έχει αναπτύξει και κατασκευάσει τη δική του μητρική πλακέτα, το Bluefin, για τον έλεγχο ενός εκτυπωτή. Ωστόσο, διαφορετικές σανίδες arduino χρησιμοποιούνται επίσης για 3D εκτύπωση.

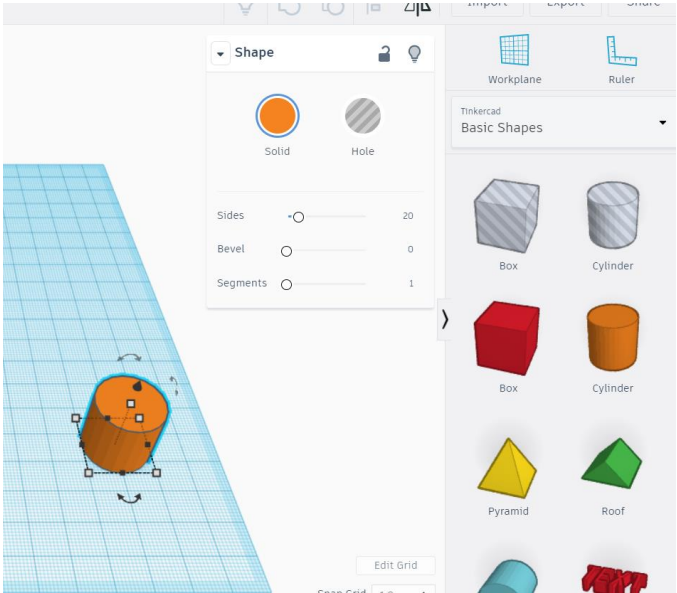
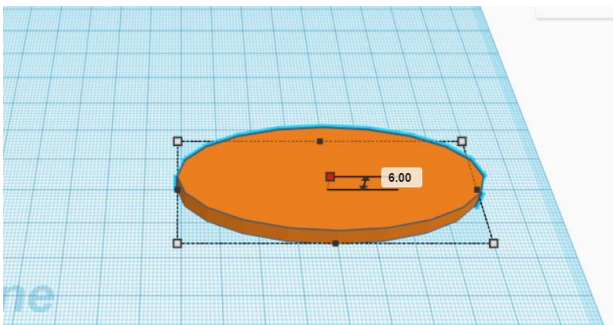
Μοντελοποίηση CAD με Tinkercad

Το Tinkercad είναι ένα δωρεάν λογισμικό μοντελοποίησης CAD, το οποίο είναι εύκολο να μάθει, αλλά μπορεί να σας μεταφέρει αρκετά από την άποψη της μοντελοποίησης αντικειμένων για εκτύπωση 3D. Το Tinkercad μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό αντικειμένων για κοπή με λέιζερ, και έχει ακόμη συμβατότητα με ορυκτά.

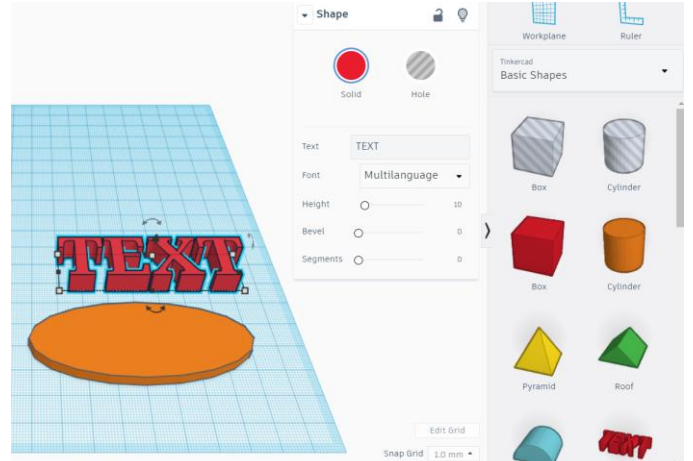
Οι βασικές αρχές του tinkercad είναι να οικοδομήσουμε οποιαδήποτε γεωμετρία συνδυάζοντας και χειρίζοντας προκαθορισμένα σχήματα. Η εύκολη φύση του λογισμικού "drag'n'drop" συνεπάγεται ότι μπορεί να διδαχθεί σε μικρά παιδιά. Αυτό αναφέρεται ως εργαλείο μοντελοποίησης CSG (περισσότερα για αυτό αργότερα).

Πρόκληση σχεδιασμός 1: ετικέτα ονόματος

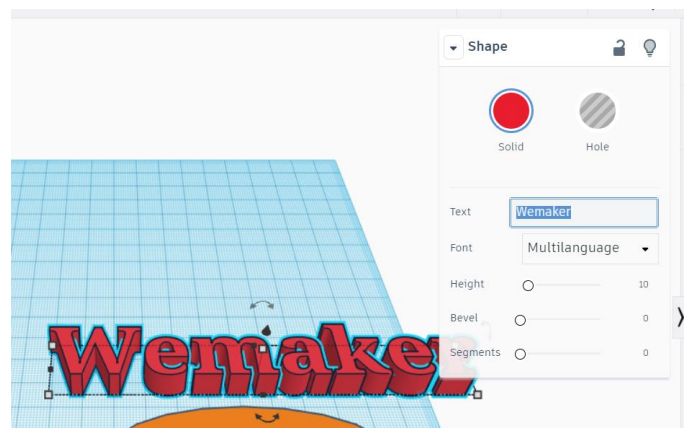
Ο ευκολότερος τρόπος εξοικείωσης με το tinkercad είναι απλώς να σχεδιάσετε κάτι με αυτό. Ως εκ τούτου, όλοι θα σχεδιάζουμε μια ετικέτα που θα χρησιμοποιήσουμε σε αυτά τα εργαστήρια.

<p>Βήμα:</p>	
<p>Βήμα 1: Drag'n'drop σε σχήμα που θα χρησιμοποιηθεί για τη βάση της πινακίδας σας</p>	
<p>Βήμα 2: χειριστείτε το σχήμα χρησιμοποιώντας τα λευκά τετράγωνα widgets στις άκρες για να το κάνετε μια επίπεδη επιμήκη πλάκα</p>	

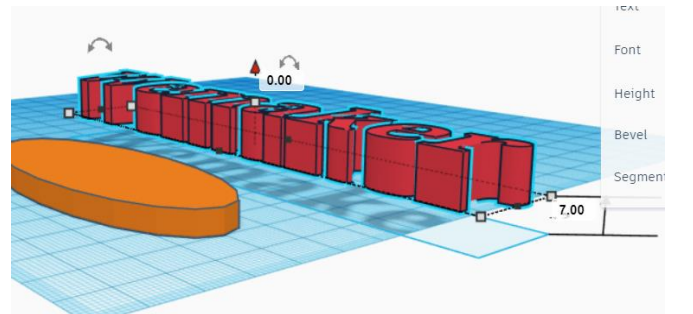
Βήμα 3: σύρετε στο πρόγραμμα επεξεργασίας κειμένου



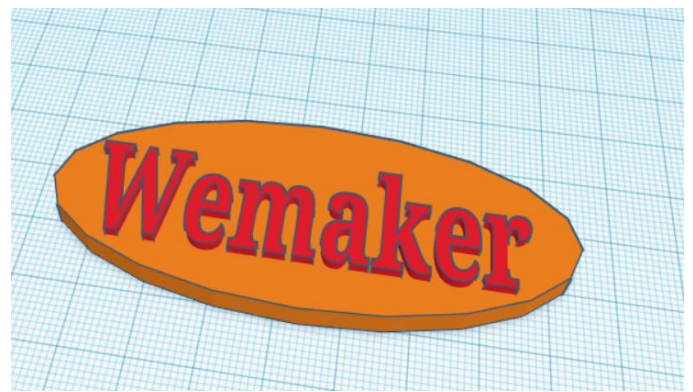
Βήμα 4: Χρησιμοποιήστε το "τρέχον παράθυρο ρυθμίσεων σχήματος" για να γράψετε το όνομά σας. Το αντικείμενο θα αλλάξει ανάλογα



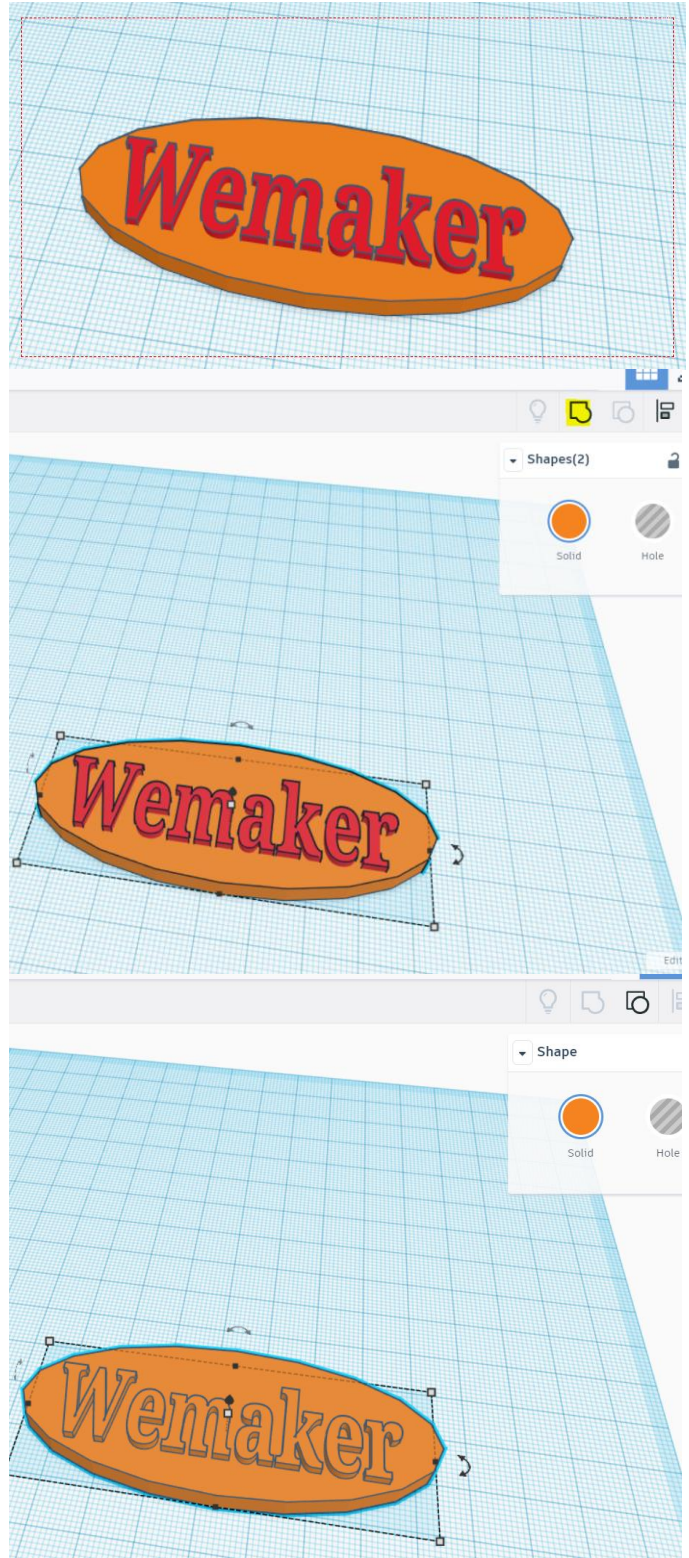
Βήμα 5: Χρησιμοποιήστε το επάνω βέλος για να αφαιρέσετε το επάνω κείμενο.



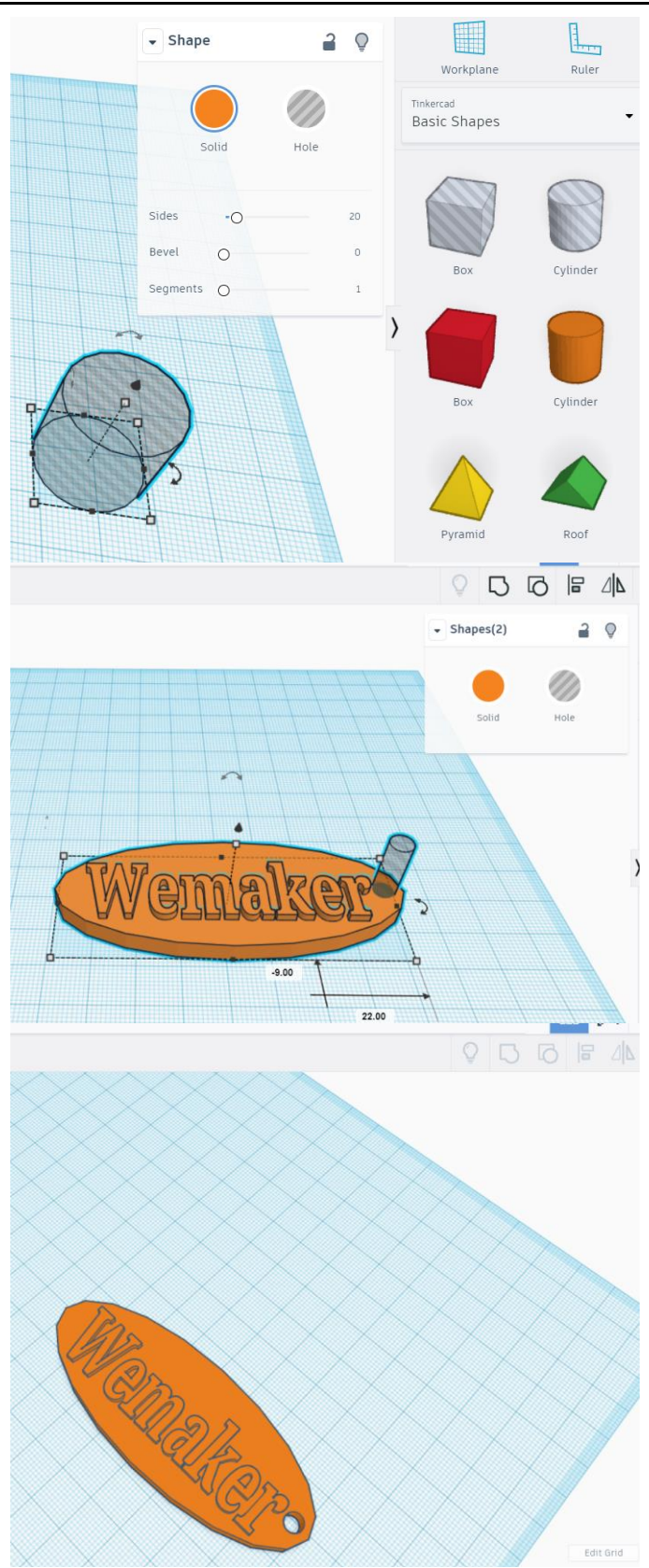
Βήμα 6: Τοποθετήστε το κείμενο πάνω από την πινακίδα. Για άλλη μια φορά μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τα widgets για να το αναδιαβαθμίσετε το μέγεθος της πλάκας.



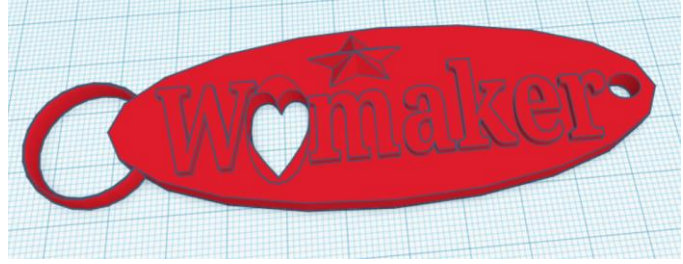
Βήμα 7: Ομαδοποιήστε τα μοντέλα επιλέγοντας και τα δύο και πατώντας το κουμπί Group



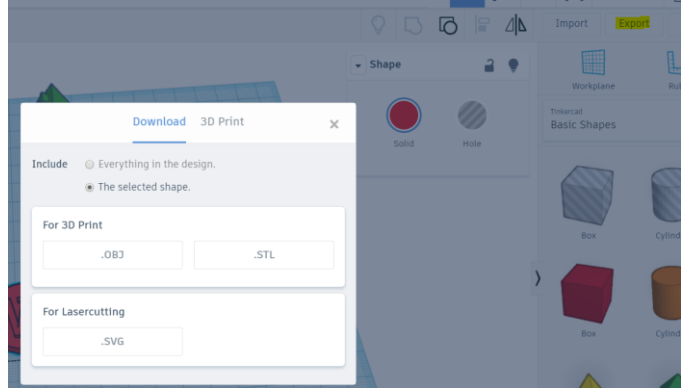
Βήμα 8: Κάντε μια στρογγυλή τρύπα στο ταμπελάκι σέρνοντας τον κύλινδρο και αλλάζοντας τον από "στερεό" σε "τρύπα". Αλλάξτε το μέγεθός του και τοποθετήστε το εκεί που θέλετε να είναι η τρύπα. Ομαδοποιήστε τα αντικείμενα.



Βήμα 9: Εξερευνήστε Tinkercad, και Διακοσμήστε το ταμπελάκι σας.



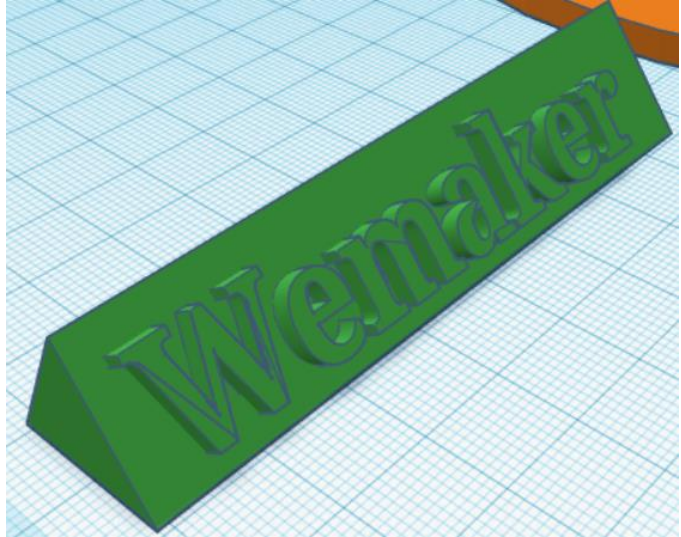
Βήμα 10: όταν είστε έτοιμοι να εκτυπώσετε το ταμπελάκι σας πατήστε το κουμπί "Εξαγωγή" στην επάνω δεξιά γωνία, και εξαγάγετε το μοντέλο σε STL μορφή. Τώρα είστε έτοιμοι να εκτυπώσετε το ταμπελάκι σας.



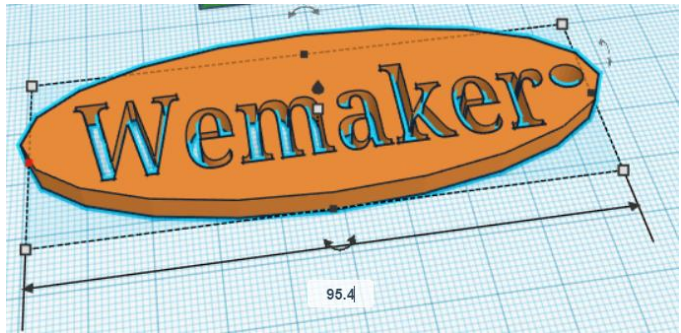
EXTRA 1: Κάντε στο καρτελάκι μια τρύπα εκεί που τελειώνει το κείμενο. Να θυμάστε ότι κάθε σχήμα μπορεί να μετατραπεί από ένα "στερεό" σε "τρύπα".



EXTRA 2: Δημιουργήστε ένα σφηνοειδές σχήμα. Χρησιμοποιήστε το πλάνο εργασίας για αυτό..

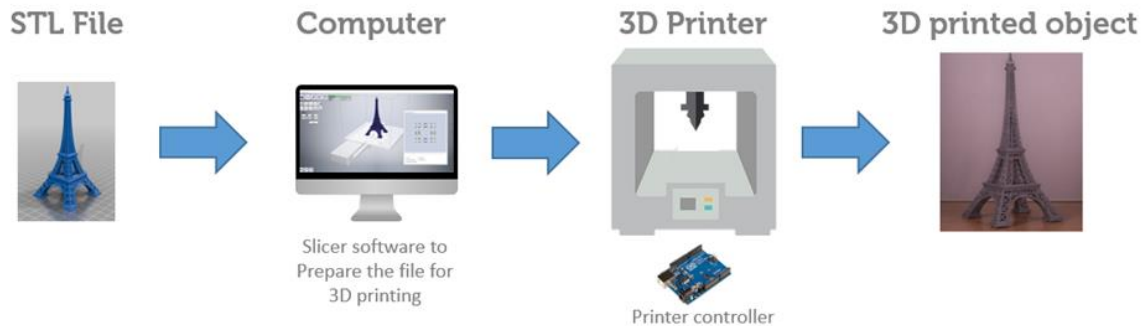


EXTRA 3: Κάντε το ταμπλεάκι ακριβώς 95.4 mm.



STL, αναλυτές και 3D εκτύπωση

Έχουμε αναφερθεί εν συντομία στο STL σε αυτή την ενότητα θα εμβαθύνουμε βαθύτερα στο θέμα και θα διερευνήσουμε πώς οι STL και οι slicers συνεργάζονται για να παράγουν ένα 3D εκτυπωμένο αντικείμενο. Ένα μικρό γράφημα μπορεί να δείτε παρακάτω, εξηγώντας τα βήματα και τη σειρά της διαδικασίας.

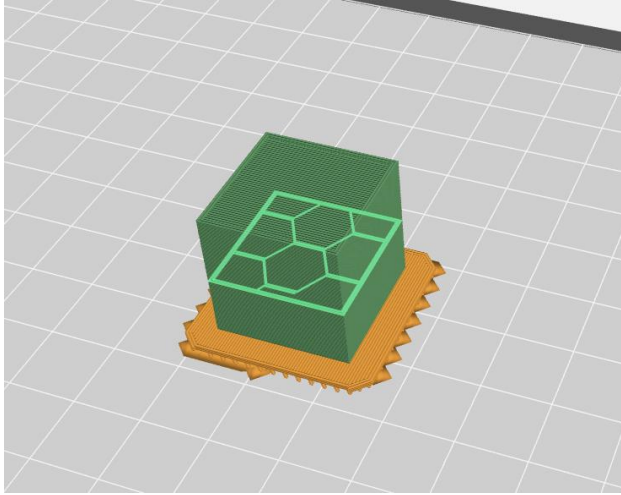


Η μορφή αρχείου STL αντιπροσωπεύει μόνο την επιφάνεια του αντικειμένου. Ένα STL μπορεί να παραχθεί από τα περισσότερα λογισμικά μοντελοποίησης 3D, και γίνεται το πρότυπο της βιομηχανίας 3D εκτύπωσης. Επίσης υπάρχουν αρκετές ιστοσελίδες με μια μεγάλη βιβλιοθήκη αρχείων STL που μπορούν να μεταφορτωθούν ελεύθερα. Αυτοί οι ιστότοποι περιλαμβάνουν: <https://www.thingiverse.com/> Αυτή η ιστοσελίδα δημιουργήθηκε από την Makerbot και από τότε έχει αγοραστεί από τη Stratesys. Διαθέτει μια μεγάλη συλλογή δωρεάν μοντέλων και ο καθένας μπορεί να φορτώσει αρχεία απευθείας στη σελίδα.

<https://www.myminifactory.com/> Μια ιστοσελίδα με σχέδια που έχουν δοκιμαστεί για εκτύπωση 3D. Αυτό σημαίνει ότι η μέση ποιότητα του περιεχομένου είναι αρκετά υψηλή.

<http://www.yeggi.com/> μια ιστοσελίδα όπου τα αρχεία μπορούν να μοιράζονται ελεύθερα αλλά και να πωλούνται και να αγοράζονται από σχεδιαστές.

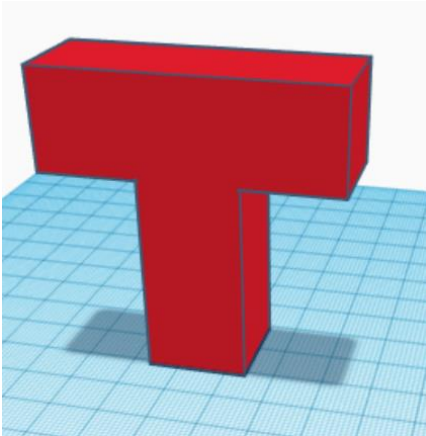
Το αρχείο STL φορτώνεται συχνά σε ένα λογισμικό τεμαχισμού, το οποίο μετατρέπεται σε μορφή αρχείου που σχετίζεται με την κίνηση και την εξώθηση του 3D εκτυπωτή (συχνά G-code ή του κώδικα F του REAL). Το λογισμικό τεμαχισμού, ωστόσο, δεν μετατρέπει απαραίτητως το μοντέλο σε ένα 3D εκτυπωμένο αντικείμενο ένα προς ένα. Για παράδειγμα, τα περισσότερα τρισδιάστατα εκτυπωμένα αντικείμενα δεν είναι σταθερά. Αυτό συμβαίνει επειδή ο κόφτης μετατρέπει το μοντέλο σε ένα αντικείμενο που έχει ένα συμπαγές κέλυφος, αλλά μια εν μέρει κοίλη εσωτερική περιοχή. Κάτω από μια εικόνα μπορεί να δει κανείς ένα τετράγωνο, κατασκευασμένο με εξαγωνική πλήρωση, και ένα εξωτερικό κέλυφος. Τα περισσότερα λογισμικά τεμαχισμού θα σας επιτρέψουν επίσης να κάνετε ορισμένους χειρισμούς του αντικειμένου, όπως, κλιμάκωση, κατοπτρισμός, περιστροφή κ.λπ.



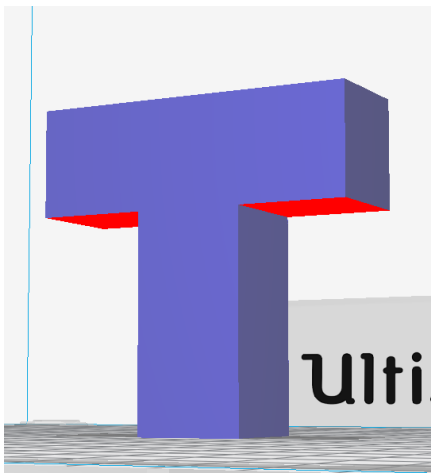
Ωστόσο, τα λογισμικά τεμαχισμού έχουν επίσης πιο προηγμένα χαρακτηριστικά, τα οποία επιτρέπουν στο χρήστη να ρυθμίσει λεπτομερείς προδιαγραφές για τον εκτυπωτή, συμπεριλαμβανομένου του μεγέθους του πλαστικού, της ταχύτητας κίνησης, του τρόπου με τον οποίο μπορούν να ελεγχθούν οι θερμοκρασίες και πολλά άλλα. Περιγράφοντας τις λεπτομέρειες για το πώς να ρυθμίσετε έναν κόφτη για έναν εκτυπωτή και ένα υλικό από την αρχή είναι πέρα από το πεδίο αυτής της συνόδου. Αντ' αυτού, θα περάσουμε από τα θέματα:

πλήρωσης, στήριξης και εξωτερικών στρωμάτων (που αναφέρονται ως "περιγράμματα" από αυτό το σημείο). Όταν τα διδάσκουμε σε φοιτητές προτείνουμε να τους δοθεί μια πρόκληση σχεδίασης. Ο μπροστινός φόρτος φοιτητών με πάρα πολλές πληροφορίες σχετικά με τις ιδιαιτερότητες αυτών των πραγμάτων μπορεί να έχει αρνητικό αντίκτυπο στο μάθημα. Έχουμε διαπιστώσει ότι είναι καλή πρακτική να έχουν οι μαθητές να πάρουν τα χέρια τους βρώμικα και μόνο αφού σχεδιάζουν και εκτυπώνουν κάτι, μπορούν να τους πουν για αυτά τα πράγματα, καθώς μπορούν να τα συνδέσουν με την πραγματική εμπειρία τους στον κόσμο.

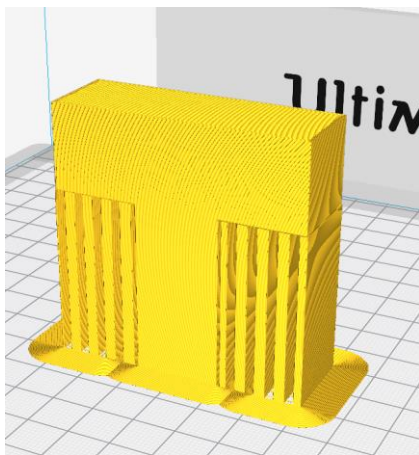
Προεξοχές



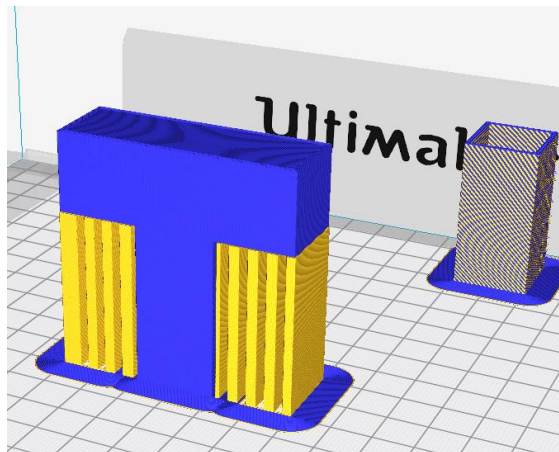
Ας εξετάσουμε το αντικείμενο προς τα αριστερά. Είναι ένα σχήμα που μοιάζει με το γράμμα «Τ». Αυτό έχει ένα ζήτημα όσον αφορά τις "προεξοχές". Οι προεξοχές αποτελούν μέρος ενός αντικειμένου 3D που δεν υποστηρίζεται από στρώματα κάτω από αυτό. Η φόρτωση αυτού του μοντέλου σε Cura θα οδηγήσει σε ό, τι μπορεί να δει παρακάτω.



για παράδειγμα, το PLA. Κάτω από ένα στιγμιότυπο οθόνης του Cura με το Ultimaker 3 μπορεί να δει κανείς και εδώ τα υποστηρίγματα τυπώνονται σε ένα υδατοδιαλυτό υλικό. Αυτό σημαίνει

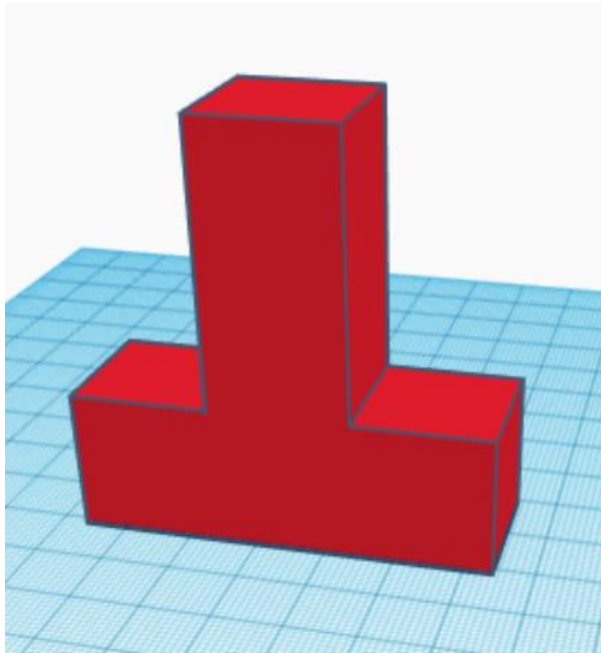


ότι το αντικείμενο μπορεί να βυθιστεί στο νερό και το υλικό υποστήριξης θα διαλυθεί με την πάροδο του χρόνου. Ωστόσο, με τις προτεινόμενες ρυθμίσεις του τελευταίου, αυτό το αντικείμενο διαρκεί 9,5 ώρες για εκτύπωση



Προσανατολισμός

Ένας άλλος τρόπος αντιμετώπισης των προεξοχών είναι απλά να δούμε τον προσανατολισμό του μοντέλου. Κάποιο μοντέλο μπορεί στην πραγματικότητα απλά να αναπηδήσει σε έναν ή περισσότερους άξονες και θα γίνει εκτυπώσιμο. Συνήθως αυτό είναι προτιμότερο να υποστηρίζεται, καθώς δεν αποβάλλει υλικό και θα χρειαστεί μικρότερος χρόνος για να εκτυπωθεί.

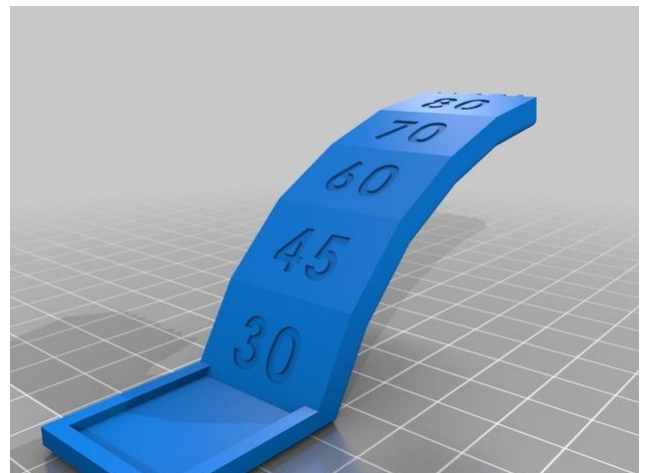


Ωστόσο, απαιτεί κάποιος να σκεφτεί τη διαδικασία εκτύπωσης 3D και τη μέθοδο κατασκευής. Αυτό μπορεί να είναι πολύ θετικό δεδομένου ότι είναι μια σημαντική πτυχή σε κάθε τύπο φυσικού σχεδιασμού, για να εξετάσει την παραγωγή. Αυτό το πεδίο συνήθως δεν διδάσκεται μέχρι το Πανεπιστήμιο, καθώς θεωρείται ένα δύσκολο και προηγμένο θέμα. Ωστόσο, με την εκτύπωση 3D μπορεί να γίνει ένα φυσικό μέρος μιας διαδικασίας σχεδιασμού μικρών παιδιών. Η αναστροφή ενός μοντέλου μπορεί συνήθως να γίνει τόσο στο λογισμικό CAD όσο και στο λογισμικό τεμαχισμού. Στο λογισμικό τεμαχισμού, ωστόσο, η επίδραση του προσανατολισμού στη χρήση υλικού και ο χρόνος εκτύπωσης μπορούν να παρατηρηθούν άμεσα. Μετά το σχεδιασμό

εξαρτημάτων για εκτύπωση 3D για λίγο, κάποιος συνήθως παίρνει μια «αίσθηση» γι' αυτό και θα εξετάσει φυσικά ένα μοντέλο, και σκέφτεται ενστικτωδώς πώς μπορεί να προσανατολιστεί για να ελαχιστοποιήσει ή να εξαλείψει την ανάγκη για την υποστήριξη.

Έξυπνη σχεδίαση

Σχεδιάζοντας ένα μοντέλο, διατηρώντας παράλληλα υπόψη τη διαδικασία 3D εκτύπωσης, μπορεί να θεωρηθεί το υψηλότερο επίπεδο αντιμετώπισης των προεξοχών, καθώς κάποιος σχεδιάζει μοντέλα με ελάχιστες ή καθόλου προεξοχές. Όπως φαίνεται στα δεξιά, το μοντέλο μεταβάλλεται για να φιλοξενήσει τις προεξοχές. Αυτό που έχει αξιοποιηθεί στην εικόνα στα αριστερά είναι το γεγονός ότι οι εκτυπωτές 3D FFF μπορούν να εκτυπώσουν πραγματικά μικρές προεξοχές. Πόσο καλός είναι ο εκτυπωτής να εκτυπώνει τις προεξοχές θα ποικίλει σημαντικά και θα εξαρτηθεί από το πόσο γρήγορα μπορεί να ψύχεται το νήμα, πόσο γρήγορα είναι ο εκτυπωτής, ποιο υλικό χρησιμοποιείται και πολλά άλλα πράγματα. Μπορούν να εκτελούνται διαφορετικές δοκιμαστικές εκτυπώσεις για να γνωρίζετε την απόδοση κάθε εγκατάστασης εκτυπωτή. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ο έξυπνος σχεδιασμός ενός τμήματος για τους περιορισμούς μιας μεθόδου παραγωγής είναι πολύτιμη ως αρχή, είτε πρόκειται για μέθοδο παραγωγής είτε για τρισδιάστατη εκτύπωση, CNC μηχανική κατεργασία, κοπή με λέιζερ ή άλλες. Εντούτοις, σε ορισμένες περιπτώσεις αυτό μπορεί να παραμορφώσει την αρχική πρόθεση του μοντέλου. Δείτε το μοντέλο παραπάνω. Θα μοιάζει με ένα γράμμα T μόλις εκτυπωθεί;



Έτσι, οι προκολλήσεις μπορούν να αντιμετωπιστούν με πολλούς τρόπους και σε πολλαπλά διαφορετικά μέρη της διαδικασίας εκτύπωσης 3D. Κάτω από είναι ένας μικρός πίνακας που δείχνει πότε οι διαφορετικές μέθοδοι που ασχολούνται με τις υπερκολλήσεις εφαρμόζονται. Το μάθημα γέφυρα, που θα περιγράψειEd επόμενο, είναι συνήθως ένα καλό μάθημα για να πάρει τους μαθητές εξοικειωμένοι με την έννοια του κρέμεται. Συνήθως για τους σπουδαστές που είναι νέοι στην τρισδιάστατη εκτύπωση, θα έχουν το πρώτο ένστικτο θα είναι να σχεδιάσουν τη γέφυρα όπως την βλέπετε έξω στον κόσμο. Προτείνουμε ότι οι μαθητές ARε πράγματι επιτρέπεται να κάνουν λάθη, και να εκτυπώσετε αντικείμενα, ακόμη και αν εσείς ως δάσκαλος μπορεί να γνωρίζει ότι θα αποτύχει. Μπορεί συχνά να είναι πιο εύκολο για τον φοιτητή να σχετίζονται με τη γνώση του πώς να ασχοληθεί με τις προκολλήσεις, αν μπορούν να σχετίζονται με μια πραγματική εμπειρία να δει μια αποτυχημένη εκτύπωση, και όχι ένα μεγάλο μέτωπο φορτωμένο μάθημα γι ' αυτό.

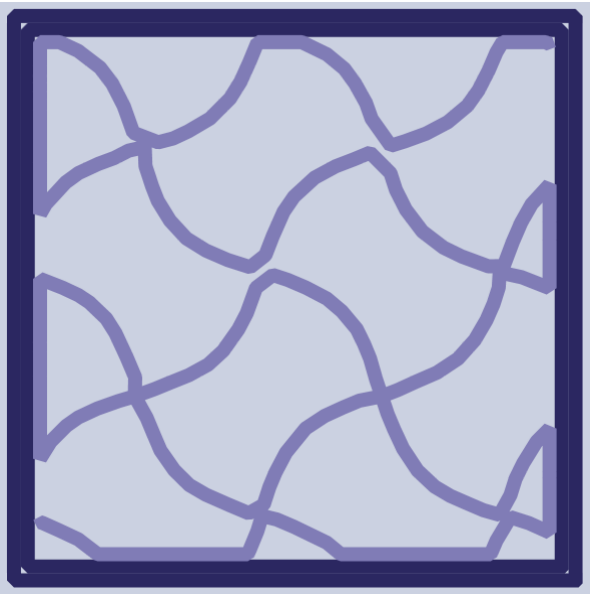
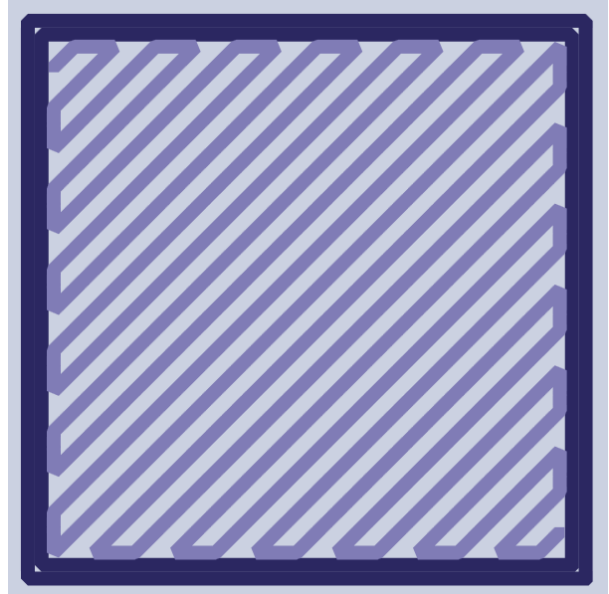
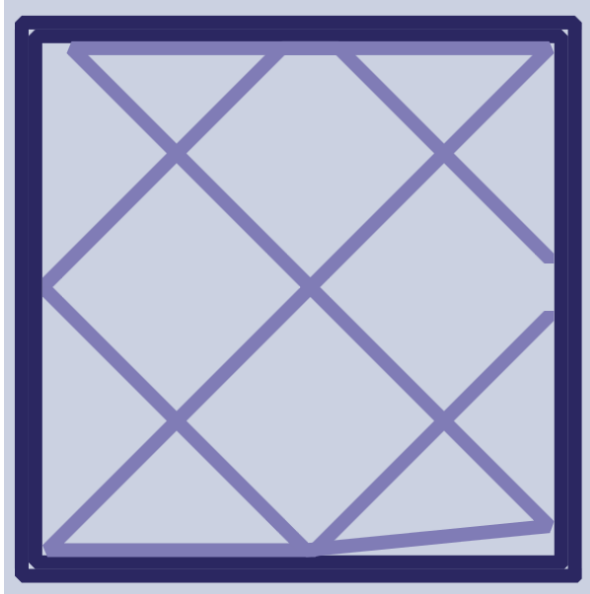
Μέθοδος	CAD/σχεδιασμός SW	Αναλυτή	Δημοσίευση εκτύπωσης
Προσθήκη υποστήριξης	Χειροκίνητη υποστήριξη	Αυτόματη υποστήριξη	Καθαρίσει
Αλλαγή προσανατολισμού	Σχεδιασμός για 3D εκτυπωτές προσανατολισμού	Flip, και καθρέφτη	
Έξυπνη σχεδίαση	Σχεδιασμός με 3D εκτύπωση στο μυαλό		

Γέμισμα και καμπύλες

Τα περισσότερα 3D τυπωμένα αντικείμενα δεν εκτυπώνονται ως ένα στερεό, αλλά μάλλον ως ένα κέλυφος με ένα κυρίως άδειο κοίλο εσωτερικό. Το εσωτερικό θα αποτελείται από μια δομή του εκτυπωμένου υλικού, που αναφέρεται ως γέμισμα. Στο λογισμικό τεμαχισμού η πυκνότητα αυτού του γεμίσματος μπορεί συνήθως να ελέγχεται. Το προεπιλεγμένο γέμισμα είναι συνήθως περίπου 20% που σημαίνει ότι το 20% της εσωτερικής γεωμετρίας του αντικειμένου

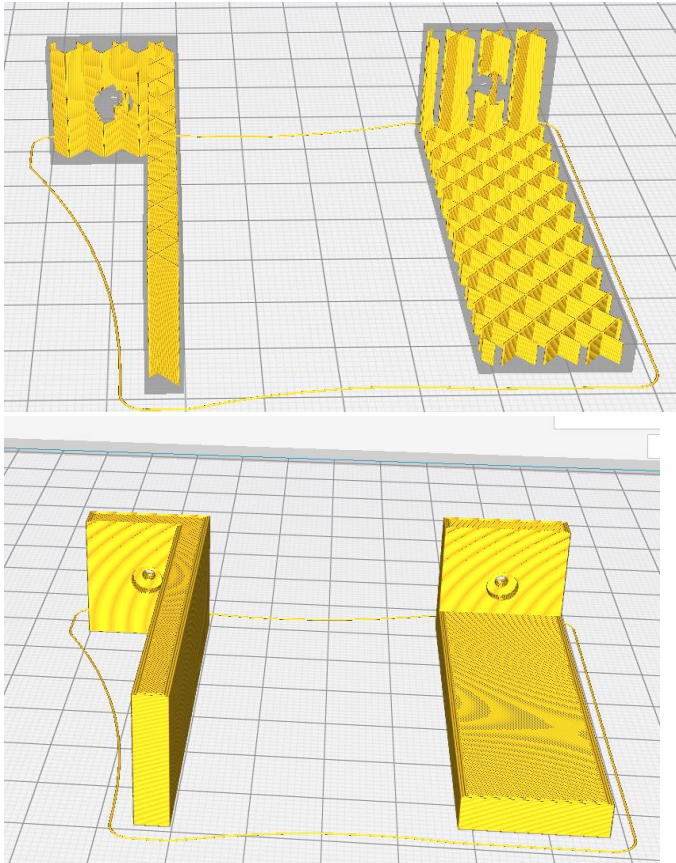
θα αποτελείται από πλαστικό, ενώ το υπόλοιπο 80% θα είναι κούφια θύλακες αέρα. Για αντικείμενα που δεν απαιτούν σημαντική δομική ακεραιότητα, αυτό είναι συνήθως αρκετό. Ωστόσο, η πυκνότητα πλήρωσης μπορεί να αυξηθεί για να αποκτήσει μεγαλύτερη αντοχή. Το εμπόριο είναι ότι αυτό αυξάνει τη χρήση υλικού και τον χρόνο εκτύπωσης..

Υπάρχουν αρκετοί διαφορετικοί τύποι γεμίσματος. Το πιο κοινό, και ένα από τα πιο απλά, είναι η πλατεία πλήρωση. Ωστόσο, υπάρχουν άλλοι τύποι γεμίσματος που μπορούν να δώσουν στο αντικείμενο ενδιαφέρουσες ιδιότητες. Παρακάτω βλέπουμε ένα παράδειγμα της πλατείας γεμίζουν σε 15% και 50%, και το Gyroid γεμίζουν σε 15% και 50%. Η Gyroid έχει πολλές ενδιαφέρουσες ιδιότητες, και Anca θα χαρεί να απαντήσει σε τυχόν ερωτήσεις που έχετε σχετικά με αυτό και άλλα είδη πλήρωσης.



Ωστόσο, το γέμισμα δεν είναι ο μόνος καθοριστικός παράγοντας της δύναμης ενός αντικειμένου. Το εξωτερικό περίβλημα, ή το μέγεθος των περιγραμμάτων, μπορεί επίσης να έχει μεγάλη επίδραση στο πόσο ισχυρό είναι ένα αντικείμενο. Πάνω από μία φέτα του ίδιου αντικειμένου μπορεί να δει. Η μόνη διαφορά μεταξύ των δύο είναι ότι το κατώτατο αντικείμενο τεμαχίζεται με 4 περιγράμματα ενώ το άνω αντικείμενο είναι κομμένο σε φέτες με 2 περιγράμματα. Η αυξημένη ποσότητα των περιγραμμάτων μπορεί πραγματικά να αυξήσει τη δύναμη αρκετά.

Κάτω από ένα παράδειγμα ενός πολύ βραχίονα μπορεί να δει κανείς στο Cura, στην κορυφή της εικόνας μόνο η εμφάνιση εμφανίζεται, και στην κάτω εικόνα το κέλυφος μπορεί να δει. Όπως μπορεί να παρατηρήσετε, ο βραχίονας εμφανίζεται σε δύο διαφορετικούς προσανατολισμούς. Το ερώτημα είναι, θα είναι το αγκύλη εξίσου ισχυρό σε κάθε περίπτωση; Αυτό εξαρτάται από αυτό που εννοούμε με δύναμη, όπως θα δείξει το επόμενο παράδειγμα.

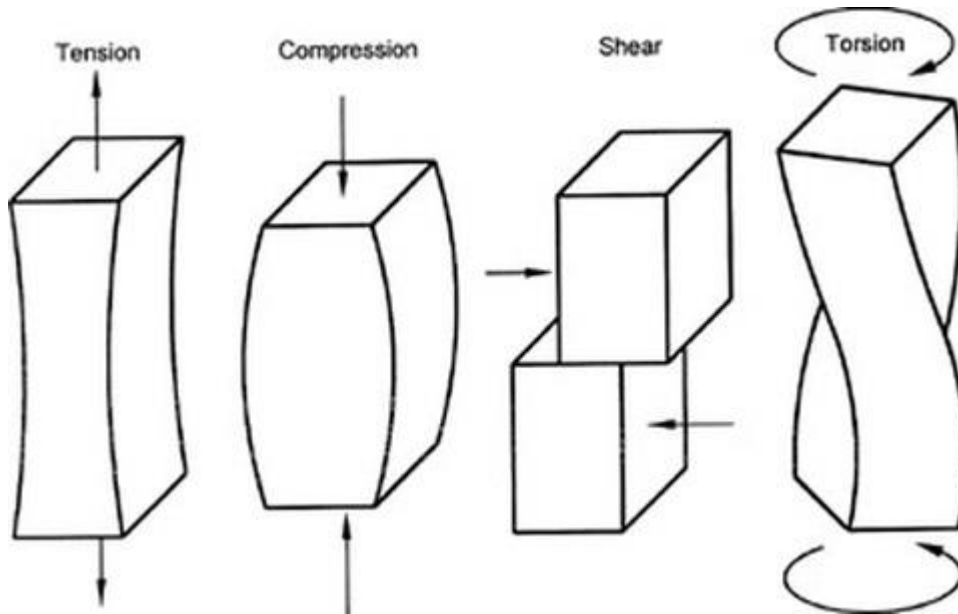


Πρόκληση σχεδίου: τύποι δύναμης και τρισδιάστατη εκτύπωση

Είναι μια παράσταση 4 διαφορετικών τύπων αντοχής που μπορεί να έχει ένα αντικείμενο στο πεδίο της δομικής μηχανικής: αντοχή σε εφελκυσμό, αντοχή σε θλίψη, αντοχή σε διάτμηση και αντοχή στρέψης. Σε αυτή τη μικρή άσκηση θα κάνετε μια ειδικευμένη εικασία σχετικά με τον προσανατολισμό που θα οδηγήσει στην υψηλότερη από κάθε ένα από αυτά τα είδη δύναμης.

Εργασία 1: Σχεδιάστε τα επίπεδα των τρισδιάστατων εκτυπωμένων αντικειμένων στα παρακάτω σχέδια, στον προσανατολισμό που ότι θα οδηγήσει στην υψηλότερη από κάθε τύπο αντοχής.

A B Γ Δ



εργασία 2: Από κάθε ένα από τα παραδείγματα που κάποιος θα σκέφτεστε ότι ωφελεί περισσότερο από το υψηλό ποσοστό πλήρωσης και ποια θα θεωρούσατε ότι ωφελεί περισσότερο από ένα παχύ κέλυφος πολλών περιγραμμάτων; Σημειώστε αυτά που σκέφτεστε παρακάτω με ένα Χ.

	Υψηλό ποσοστό πλήρωσης	Παχύ κέλυφος/πολλά περιγράμματα
A		
B		
C		
D		

Θα συζητήσουμε τα αποτελέσματα στην τάξη μετά.

Το γεγονός ότι ένα 3D τυπωμένο αντικείμενο δεν είναι εξίσου ισχυρό σε όλες τις πλευρές αναφέρεται ως "Ανισότροπος". Αυτή η ιδιότητα προέρχεται από την ίδια τη διαδικασία της τρισδιάστατης εκτύπωσης, η οποία είναι η δημιουργία αντικειμένων από στρώματα. Αυτό αφήνει την πρόσφυση μεταξύ των στρωμάτων ως περιοριστική ισχύ συντελεστή. Γι' αυτό, στο παραπάνω παράδειγμα, η δύναμη είναι πάντα υψηλότερη, όταν οι δυνάμεις κινούνται απέναντι από τα στρώματα, κατά μήκος του κελύφους. Αυτό αξίζει να εξεταστεί κατά το σχεδιασμό και την εκτύπωση ενός αντικειμένου στο οποίο επιθυμείται αντοχή. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με αυτό, παραπέμπουμε στο "εγχειρίδιο 3D εκτύπωσης". Για αυτούς τους απλούς αριθμούς, η βέλτιστη αντοχή για ένα συγκεκριμένο τμήμα μπορεί συχνά να βρεθεί χρησιμοποιώντας τις επιλογές του λογισμικού τεμαχισμού. Ωστόσο, για πιο σύνθετα τμήματα που μπορεί να χρειάζονται διαφορετικούς τύπους δύναμης σε διαφορετικές περιοχές, θα πρέπει να σκεφτείτε αυτά τα πράγματα ήδη κατά τη διάρκεια της μοντελοποίησης CAD. Ακολουθεί ένα παράδειγμα ενός απλού σχεδίου μαθήματος, το οποίο μπορεί να δοθεί σε μαθητές διαφόρων ηλικιών, που θα τους επιτρέψουν να το εξερευνήσουν με διαισθητικό τρόπο.

πρόκληση 2: Γέφυρα αυτοκινητόδρομου

Πρόκειται για μια πρόκληση σχεδίασης που έχει δοκιμαστεί σε μια πραγματική κατάσταση διδασκαλίας σε ένα από τα σχολεία των συνεργατών μας. Πρόκειται για μια καλή εισαγωγή στις βασικές ρυθμίσεις κοπής τρισδιάστατης εκτύπωσης, καθώς οι συμμετέχοντες συχνά ανακαλύπτουν θέματα όπως προεξοχές, πλήρωση και περιγράμματα από μόνοι τους και ενώ εργάζονται σε ένα έργο. Το σχέδιο μάθημα είναι επίσης κατάλληλο για την ομαδική εργασία, και μπορεί εύκολα να τροποποιηθεί για να αυξήσει ή να μειώσει την πολυπλοκότητα, καθιστώντας το κατάλληλο για μια ευρεία ηλικιακή ομάδα.

Το υπουργείο εφοδιαστικής και μεταφορών [δανικής / ρουμανικής / ιταλικής / γαλλικής / ελληνικής] έχει εκτιμήσει ότι πολλές από τις γέφυρες πάνω σε αυτοκινητόδρομους της χώρας είναι φθαρμένες και θα χρειαστούν αμέσως αντικατάσταση. Ψάχνουν έναν εργολάβο που μπορεί να τους παράσχει μια γέφυρα που χρησιμοποιεί λίγο υλικό, αλλά και ένα ισχυρό. Σε αυτή την αποστολή η ομάδα σας θα είναι ο εργολάβος και θα σχεδιάσει ένα μοντέλο κλίμακας των γεφυρών που μπορεί να πείσει την επιτροπή γέφυρας ότι το σχέδιό σας είναι η καλύτερη επιλογή.

Απαιτήσεις:

- Θα σχεδιάσετε ένα μοντέλο της γέφυρας στην κλίμακα 1:500.
- Η γέφυρα πρέπει να φιλοξενήσει 4 φορτηγά που οδηγούν κάτω από αυτό, και δύο αυτοκίνητα που οδηγούν σε αυτό.
- Θα υπολογίσετε το κόστος υλικού της γέφυρας, γνωρίζοντας ότι ένα m^3 από τα ενισχυμένα concrete κοστίζει 210€
- Θα δοκιμάσετε τη δύναμη της γέφυρας με τη βαθμιαία τοποθέτηση των βαρών στην κορυφή της γέφυρας έως ότου σπάσει. Στη συνέχεια, θα σημειώσετε το βάρος στο οποίο η γέφυρα έσπασε, και αυτό θα είναι το μέτρο της δύναμης.

- Στη συνέχεια, θα επανασχεδιάσετε σας Bridge με βάση την εμπειρία σας με την προηγούμενη γέφυρα, βελτιώνοντας έτσι το σχεδιασμό μέσα από διάφορες επαναλήψεις.

Σχεδιασμός και εκτύπωση

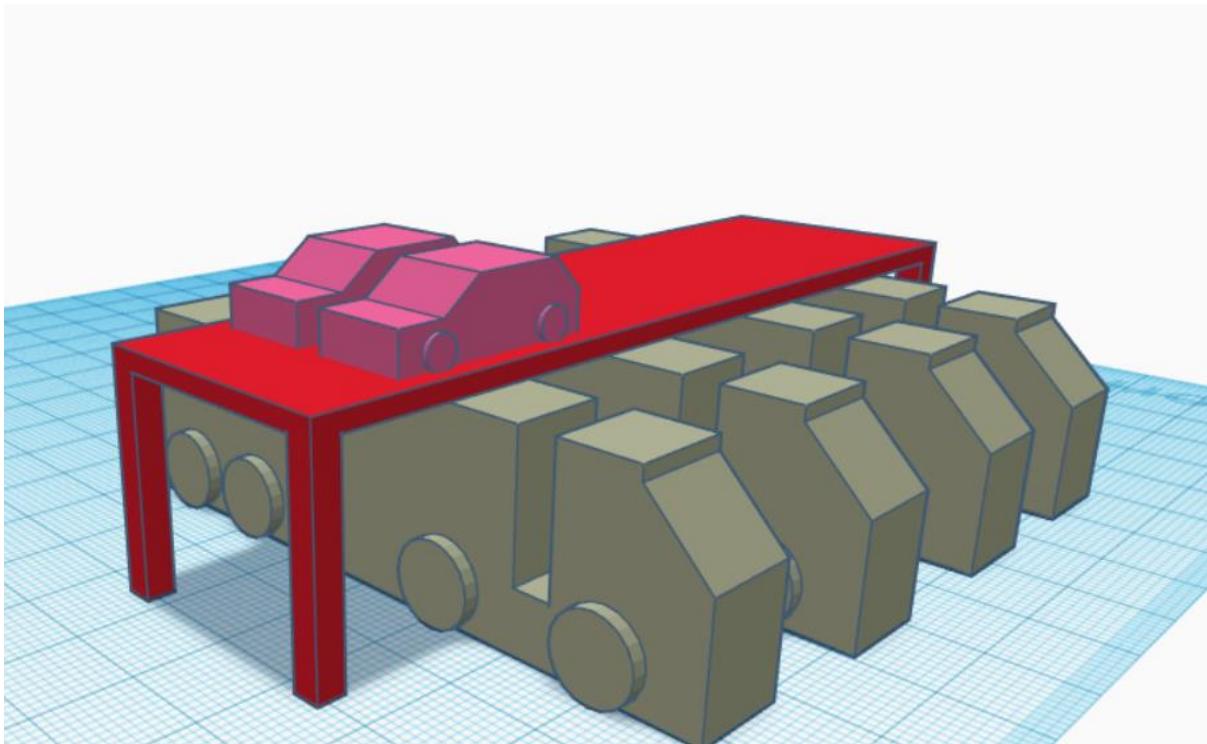
Θα σχεδιάζετε να γεφυρώσετε στο Tinkercad, το οποίο θα πρέπει να γνωρίζετε μέχρι τώρα. Ωστόσο, ορισμένα χαρακτηριστικά του Tinkercad μπορεί να είναι καλά να αναφέρουμε για αυτό το μέρος. Ανατρέξτε στο φύλλο εξαπατήματος Tinkercad για να βρείτε αυτές τις λειτουργίες.

Εισαγωγή: Χρησιμοποιήστε αυτό το πλήκτρο για να εισαγάγετε τα car.stl και truck.stl. Αυτά είναι μοντέλα κλίμακας αυτοκινήτων και φορτηγών που μπορείτε να χρησιμοποιήσετε για να σχεδιάσετε τη γέφυρά σας. Να θυμάστε ότι η γέφυρα πρέπει να φιλοξενήσει τέσσερα φορτηγά κάτω και δύο αυτοκίνητα παραπάνω.

Ευθυγράμμιση: Η λειτουργία ευθυγράμμισης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ευθυγράμμιση ενός ή περισσότερων μοντέλων μεταξύ τους. Αυτό μπορεί να είναι σχετικό με αυτό το έργο καθώς διευκολύνει τη μοντελοποίηση ακριβείας.

Επίπεδο εργασίας: Μπορεί να εισαχθεί ένα νέο πλάνο εργασίας, διευκολύνοντας την κατασκευή μοντέλων το ένα πάνω στο άλλο. Μια πλάκα εργασίας μπορεί ακόμη να προστεθεί στην πλευρά ενός μοντέλου.

Μόλις δημιουργηθεί ένα μοντέλο γέφυρας, κατεβάστε το αρχείο STL και φορτώστε το στο REALvision. Σας συνιστούμε να εκτυπώσετε το πρώτο σας μοντέλο αρκετά γρήγορα, ώστε να μπορείτε να επιτύχετε αρκετές επαναλήψεις.



Κατά την εκτέλεση του μοντέλου μέσω του Slicer, να θυμάστε τι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για την αντιμετώπιση των προκολλάει είναι.

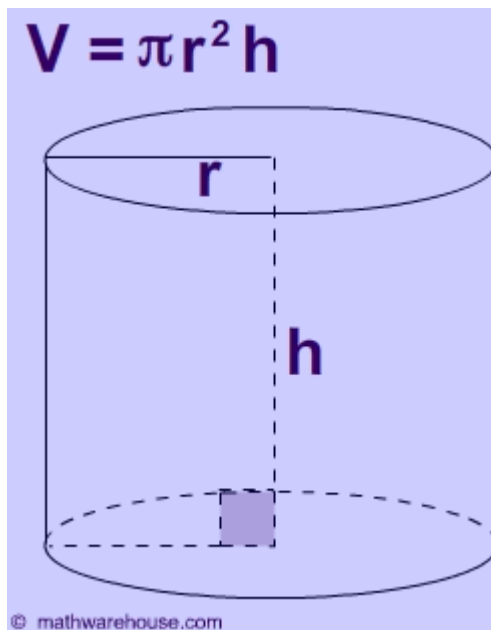
Υπολογισμοί και μετρήσεις

Για κάθε γέφυρα που σχεδιάζετε και 3D εκτύπωση θα πρέπει να εξαγάγετε δύο παράγοντες: την τιμή των πρώτων υλών και τη δύναμη του μοντέλου. Η τιμή που θα αποκτήσετε μέσω των υπολογισμών και η ισχύς θα επιτευχθεί μέσω πειραματισμού.

Τιμή

Στο λογισμικό τεμαχισμού θα έχετε συνήθως τη δυνατότητα να λάβετε πληροφορίες σχετικά με την κατανάλωση νημάτων. Αυτό μπορεί να δοθεί είτε σε μέτρα νήματος είτε σε γραμμάρια νήματος.

Θυμηθείτε ότι το νήμα είναι συνήθως ένας μακρύς κύλινδρος με δεδομένη διάμετρο (σε αυτό το εργαστήριο η διάμετρος είναι 1,75mm, αλλά χρησιμοποιείται και 2,85). Χρησιμοποιώντας



την εξίσωση για τον όγκο ενός κυλίνδρου από την ακτίνα του (r) και το ύψος του (h), μπορείτε να αποκτήσετε τον όγκο του υλικού που χρησιμοποιείται για το μοντέλο. Θυμηθείτε τώρα ότι το μοντέλο έχει σχεδιαστεί σε κλίμακα 1: 500. Τέλος, θυμηθείτε ότι η τιμή (p) ενός τετραγωνικού μέτρου σπλισμένου σκυροδέματος ήταν 210 €. Σημειώστε επίσης ότι η διάμετρος του νήματος παρέχεται σε mm, ενώ το μήκος του νήματος είναι σε m. Μπορεί να είναι ένα πλεονέκτημα να μετατρέψετε όλες τις μονάδες σε μέτρα. Παρακάτω είναι η εξίσωση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αυτόν τον υπολογισμό:

$$Price = \pi \cdot r^2 \cdot h \cdot s^3 \cdot p$$

Μόλις η τιμή έχει υπολογιστεί Γράψτε το σε μια post-it σημείωση. Η τιμή της γέφυρας μπορεί να υπολογιστεί κατά την εκτύπωση της πρώτης γέφυρας.

Δύναμη

Μόλις εκτυπωθεί η γέφυρα, θα πρέπει να δοκιμαστεί η αντοχή της γέφυρας. Αυτό γίνεται με



τοποθέτηση στοίβας χαρτιών πάνω από τη γέφυρα, αυξάνοντας σταδιακά το βάρος, μέχρι να καταρρεύσει η γέφυρα. Σημειώστε πόσες στοίβες χαρτιού μπορεί να στηρίξει η γέφυρα. Αυτό θα είναι το μέτρο για τη δύναμή μας σε αυτό το μάθημα. Επίσης, γράψτε αυτό κάτω για την ίδια Post-it σημείωση.

Αυτοαξιολόγηση και αντανάκλαση

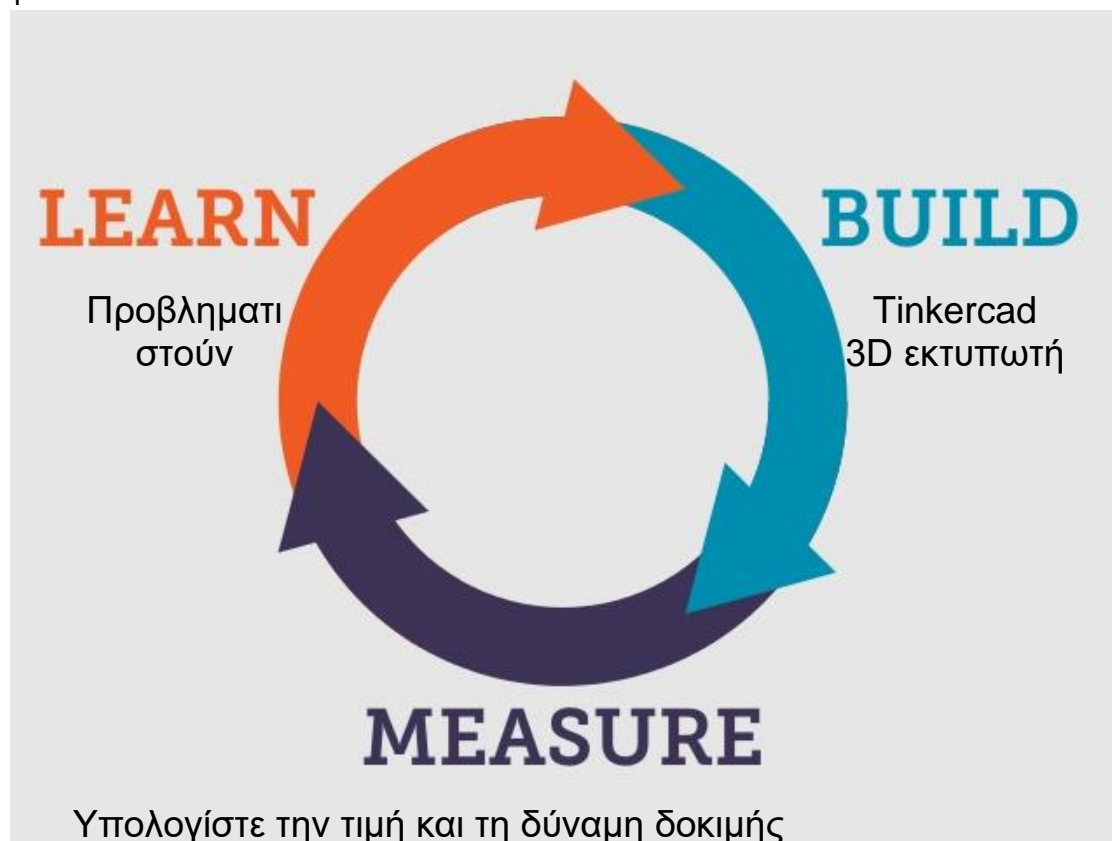
Μόλις σχεδιαστεί η γέφυρα, η τιμή έχει υπολογιστεί και η δύναμη έχει δοκιμαστεί, θα χρησιμοποιήσουμε τώρα ένα εργαλείο αξιολόγησης που ονομάζεται "σύστημα Oresmian Coordinate". Πρόκειται για ένα σύστημα συντεταγμένων αποτελούμενο από δύο άξονες, που σχετίζονται με τους δύο παράγοντες που μας ενδιαφέρουν: Τιμή και δύναμη. Θα τοποθετήσετε το σχέδιό σας στην κορυφή της ανάρτησής σας στις αντίστοιχες περιοχές του συστήματος συντεταγμένων. Το σύστημα συντεταγμένων μπορεί να σας βοηθήσει να σχεδιάσετε την επόμενη επανάληψη της γέφυρας σας.

Τώρα μπορείτε να συζητήσετε τις ακόλουθες ερωτήσεις:

1. Πού είναι ο βέλτιστος σχεδιασμός σε αυτό το σύστημα συντεταγμένων;
2. Γιατί νομίζετε ότι η γέφυρά σας είναι τοποθετημένη εκεί που βρίσκεται;
3. Συγκρίνετε τη θέση σας με αυτή του ανταγωνισμού σας. Ποιες είναι οι μεγαλύτερες δυνάμεις και αδυναμίες του σχεδίου σας;
4. Πώς μπορείτε να βελτιώσετε το σχέδιό σας;

Όταν συζητήσατε αυτές τις ερωτήσεις στην ομάδα σας, επιστρέψτε στο σχεδιαστήριο! Σχεδιάστε μια δεύτερη επανάληψη της γέφυράς σας που είναι καλύτερη σε τουλάχιστον έναν άξονα. Κοιτάξτε όπου έσπασε η γέφυρα σας και χρησιμοποιήστε αυτή τη γνώση προς όφελός σας.

Συνεχίστε με αυτή τη διαδικασία και περάστε από όσες επαναλήψεις έχετε χρόνο. έχετε χρόνο για.



Πώς να ισορροπήσετε τη δομή και την ελευθερία σε ένα έργο

Το παραπάνω παράδειγμα ενός σχεδίου μάθημα είναι μια προσπάθεια να βρεθεί μια τέλεια ισορροπία μεταξύ της ελευθερίας και της δομής σε ένα μάθημα. Η 3D εκτύπωση ως τεχνολογία είναι βαθιά ριζωμένη στο «κίνημα του κατασκευαστή» και η φιλοσοφία αυτού του κινήματος αρχίζει να επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο διδάσκουμε την τεχνολογία στα σχολεία. Το κίνημα του δημιουργού υποστηρίζει την ελεύθερη πρόσβαση σε ισχυρές τεχνολογίες και τη νοοτροπία της κοινότητας, βοηθώντας ο ένας τον άλλον να μάθει νέες τεχνολογίες και δεξιότητες, αντί να βασίζεται σε καθιερωμένους, ενίοτε αυστηρούς εκπαιδευτικούς οργανισμούς. Ωστόσο, όταν τα εκπαιδευτικά ιδρύματα υιοθετήσουν αυτή τη φιλοσοφία, είναι απαραίτητο να εξετάσουμε αυτά τα δύο κινήματα και να πάρουμε το καλύτερο και από τους δύο κόσμους.

Η έρευνά μας στα τοπικά σχολεία διαπίστωσε ότι οι εκπαιδευτικοί προτιμούν να έχουν κάποια διάρθρωση στα μαθήματά τους. Αυτό το κεφάλαιο θα επικεντρωθεί στο πώς να ενωθεί η επιθυμία των εκπαιδευτικών να αποκτήσουν κάποια δομή με τη φιλοσοφία του κινήματος του κατασκευαστή και της αυτό-κατευθυνόμενης εκμάθησης.

Οι περισσότεροι άνθρωποι που ασχολούνται με την εκπαιδευτική τεχνολογία θα είναι εξοικειωμένοι με τα έργα του Seymour Papert. Ένας φοιτητής του Piaget, όπως και μαθηματικός, ο Papert έγραψε βιβλία όπως "Mindstorms" και "The Children's Machine", τα οποία θέτουν τους λόγους για τη θεωρία του «κατασκευαστισμού».

Ο κατασκευαστισμός είναι μια περαιτέρω εξέλιξη του κονστрукτιβισμού του Piaget: η αντίληψη ότι τα παιδιά κατασκευάζουν γνώσεις μέσω της άμεσης εμπειρίας και όχι να μεταφέρουν τη γνώση από ένα βιβλίο ή έναν δάσκαλο. Ο κατασκευαστισμός του Papert προσθέτει σε αυτή τη θεωρία ότι η κατασκευή της γνώσης από τα παιδιά συμβαίνει καλύτερα σε καταστάσεις όπου κατασκευάζουν προσωπικά αντικείμενα με νόημα, είτε πρόκειται για ένα ποίημα, ένα ρομπότ, ένα πρόγραμμα υπολογιστή ή κάτι άλλο. Το έργο του Papert επικεντρώθηκε γύρω από τον υπολογιστή και τον προγραμματισμό (αυτό το αποκαλεί "παιδικό μηχάνημα" στο βιβλίο με το ίδιο όνομα). Παρόλο που ο Papert δεν απευθύνθηκε ειδικά σε εκτυπωτές 3D (κυρίως επειδή ο επιτραπέζιος 3D εκτυπωτής όπως τον ξέρουμε σήμερα δεν είχε εφευρεθεί όταν δραστηριοποιούνταν στον τομέα), οι θεωρίες του για τη διδασκαλία και την παιδαγωγική είναι ευρέως εφαρμόσιμες στην τεχνολογία αυτή.

Μια από τις έννοιες που εισήγαγε ο Papert, που μπορεί να εφαρμοστεί εδώ, είναι η έννοια ενός "μικρού κόσμου". Αυτό αναφέρεται σε ένα μαθησιακό περιβάλλον όπου οι ισχυρές και φαινομενικά πολύπλοκες ιδέες μπορούν να εξερευνηθούν με φυσικό και εξερευνητικό τρόπο. Ο Papert εισάγει ένα τέτοιο μικρόκοσμο για την εκμάθηση της Νευτώνειας Φυσικής, ένα θέμα που είναι συχνά πολύ δύσκολο να κατανοηθεί για αρχάριους. Ο Papert προτείνει ότι ο λόγος για αυτό είναι το γεγονός ότι η Νευτώνεια φυσική εισάγεται πάντα κατευθείαν μέσω των μαθηματικών εξισώσεων που χρησιμοποιούνται για να τις περιγράψουν. Ως εναλλακτική προσέγγιση, ο Papert ανέπτυξε ένα μικρόκοσμο όπου τα παιδιά θα μπορούσαν να προγραμματίσουν διαφορετικά στοιχεία που θα λειτουργούσαν μακροπρόθεσμα μέσα από τους νόμους της Νευτώνειας φυσικής. Αυτό θα σημαίνει ότι τα παιδιά μπορούν να έχουν μια πιο φυσική και διαισθητική κατανόηση της έννοιας της Νευτώνειας φυσικής χωρίς την ανάγκη συμμετοχής στο επίσημο μαθηματικό. Ο Papert υποστηρίζει ότι παρόλο που το παιδί δεν

βλέπει ποτέ μια εξίσωση μέσω αυτής της διαδικασίας, το παιδί θα έχει πολύ πιο εύκολο χρόνο για να συσχετιστεί με τις επίσημες εξισώσεις μόλις εισαχθούν αργότερα, επειδή θα μπορούν να το συνδέσουν μέσα από μια πολύ διαφορετική εμπειρία .

Η Sylvia Martinez στο βιβλίο της "Invent to learn - Making, Tinkering και Engineering στην τάξη" αξιολογεί πολλές πτυχές της φιλοσοφίας του κατασκευαστή στον εκπαιδευτικό τομέα. Ένα από αυτά είναι το θέμα του "τι κάνει ένα καλό έργο". Καθορίζει τα ακόλουθα οκτώ χαρακτηριστικά. Θα προσπαθήσουμε να εξηγήσουμε εν συντομία πώς το έργο της γέφυρας μπορεί να υποστηρίξει αυτές τις πτυχές.

1. **Σκοπός και συνάφεια** -τα παιδιά εργάζονται σε ένα πρόβλημα που είναι πολύ κοντά στα προβλήματα του πραγματικού κόσμου.
2. είναι σημαντικό να αφιερώσετε αρκετό χρόνο για αυτό το έργο. Απαιτούνται περίπου πέντε ώρες, ακόμη και με γρήγορους εκτυπωτές 3D. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα παιδιά πρέπει να επιτύχουν αρκετές επαναλήψεις του σχεδιασμού τους.
3. **Πολυπλοκότητα-το** έργο αυτό μπορεί να εισαγάγει την έννοια της πεπερασμένης ανάλυσης και τεχνικές κατασκευής ανάλογα με το επίπεδο των μαθητών.
4. **Ένταση- βλέπουμε** ότι τα παιδιά μπορούν να βυθιστούν εντελώς στη σχεδίαση αυτών των γεφυρών και έχουμε ακόμη βρεθεί ότι οι μαθητές βρίσκουν τα μεσημεριανά διαλείμματα εξαιρετικά ενοχλητικά και ακατάλληλα για τη δουλειά τους.
5. **Σύνδεση-** η σύνδεση μεταξύ των μελών της ομάδας σε αυτό το έργο είναι ένας από τους πιο προφανείς τρόπους ομαδικής εργασίας και συνεργασίας διδάσκεται σε αυτό το μάθημα. Αυτό που ήταν απροσδόκητο ήταν ότι είδαμε τους μαθητές να βοηθούν ο ένας τον άλλον μεταξύ διαφορετικών ομάδων, και ακόμη και διαφορετικά επίπεδα βαθμού και τάξεις, για να εκτελέσει μια καλή δοκιμή αντοχής.
6. **Πρόσβαση-** Σχεδιάσαμε τη δραστηριότητα έτσι ώστε κάθε ομάδα 3-4 μαθητών να έχει δικό της 3D εκτυπωτή. Αυτό σήμαινε ότι οι ίδιοι θα μπορούσαν να προγραμματίσουν τη διαδικασία εκτύπωσης. Οι μαθητές αργά έγιναν κύριοι της διαχείρισης του χρόνου και ανασχεδίαζαν γέφυρες που χρειάστηκαν πολύ χρόνο για εκτύπωση και είχαν τη δυνατότητα να έχουν διαλείμματα όταν ξεκίνησε η εκτύπωση και πραγματοποιήθηκαν υπολογισμοί για το σχεδιασμό.
7. **Η κοινή χρήση-** Το σύστημα συντεταγμένων Oresmian καθιστά το μάθημα κοινόχρηστο. Όλοι οι μαθητές μπορούν να δουν άλλους σπουδαστές να εργαστούν και να συγκρίνουν τη δική τους πρόοδο με άλλους.
8. **Καινοτομία-** ενώ εργάζονται σε αυτό το έργο, οι μαθητές λαμβάνουν μόνο μια σύντομη προτροπή σχεδιασμού που περιγράφει το σκοπό του σχεδιασμού τους και ποιες παραμέτρους θα πρέπει να αποδίδουν καλά. Από τότε ανακαλύπτουν για τον εαυτό τους. Έχουμε δει μαθητές να αρχίσουν να εφαρμόζουν διασταυρούμενες δοκούς και σχέδια τόξου, και τις δύο πρακτικές της δομικής μηχανικής, χωρίς ποτέ να εξηγούνται αυτές οι έννοιες από έναν δάσκαλο.

Κρατώντας το γρήγορο σχεδιασμό περιγράφεται επίσης σύντομα από Martinez ως μια καλή πρακτική του έργου. Σε αυτή την περίπτωση η ερώτηση μπορεί να είναι πολύ σύντομη. Ο στόχος είναι αρκετά απλός και μπορεί εύκολα να εξηγηθεί γρήγορα. Μια γρήγορη επίδειξη της δοκιμής αντοχής, κατά προτίμηση με μια πολύ λεπτή γέφυρα, αρκεί για να εξηγήσει πώς γίνεται αυτό. Από εδώ, η εξήγηση του υπολογισμού μπορεί στην πραγματικότητα να είναι το πιο χρονοβόρο μέρος, αν και αυτό μπορεί πράγματι να γίνει ad hoc με αξιοπρεπή αποτελέσματα. Βεβαιωθείτε ότι ο φοιτητής αρχίζει να σχεδιάζει γρήγορα. Η μάθηση προέρχεται από τις επαναλήψεις της γέφυρας και τις άμεσες εμπειρίες που εμπλέκονται σε αυτό.

Από αυτή την άποψη, το έργο μας γέφυρας είναι μια προσπάθεια δημιουργίας ενός έργου ή ενός μικρού κόσμου για τη διδασκαλία της δομικής μηχανικής, αλλά μέσα από μια ανοιχτή, αλλά κατευθυνόμενη, σχεδιαστική προτροπή. Τα παιδιά ηλικίας άνω των 10 ετών θα αποκτήσουν γνώσεις σχετικά με τις τεχνικές πεπερασμένων αναλύσεων και κατασκευών, οι οποίες κανονικά δεν διδάσκονται μέχρι πανεπιστημιακού επιπέδου μηχανολογίας, αρχιτεκτονικής ή παρόμοιων πεδίων. Δεν μελετούν τις επίσημες εξισώσεις, αλλά κερδίζουν την διαισθητική μαθησιακή εμπειρία του Piagean. Θα κωδικοποιήσουν τις πληροφορίες για το τι κάνει μια γέφυρα ισχυρή, με την εμπειρία της σταδιακής στοίβαξης των βαρών πάνω από τη γέφυρα που σχεδίασαν οι ίδιοι, και με ανυπομονητική αναμονή να κοιτάζουν και να ακούσουν πότε η γέφυρα μπαίνει αργά και στη συνέχεια ξαφνικά καταρρέει εντελώς.

Έχουμε διαπιστώσει από την εμπειρία μας ότι τα απολαμβάνουν τη διαδικασία να σπάσουν τη γέφυρά τους. Εξάλλου, πόσο συχνά επιτρέπεται να σπάσετε τα πράγματα στο σκοτάδι στο σχολείο; Αυτό επίσης διδάσκει στα παιδιά ένα βαθύτερο μάθημα, η αποτυχία είναι μερικές φορές απαραίτητη για να μάθουν. Η γέφυρά τους δεν πρέπει μόνο να αποτύχει, αλλά πρέπει. Γιατί εάν η γέφυρα δεν ωθηθεί στο σημείο θραύσης της, δεν θα μάθουμε πώς να την βελτιώσουμε για την επόμενη επανάληψη. Αλλά το μάθημα τους αναγκάζει επίσης να προβληματιστούν για την καταστροφή που φέρνουν στο σχεδιασμό τους. Δεν είναι απλώς καταστροφή για τη διασκέδαση του, όπως θα μπορούσε κανείς να δει όταν ένα παιδί οικοδομήσει ένα κάστρο άμμου, μόνο για να το κλωστήσει λίγα λεπτά αργότερα. Αναγκάζονται να επιθεωρήσουν προσεκτικά τις ζημιές που έχουν κάνει στη γέφυρά τους και να μετατρέψουν αυτό που ανακαλύπτουν σε ένα νέο από σχέδιο, το οποίο μπορεί να δοκιμαστεί ξανά σε αυτή την επαναληπτική διαδικασία.

Το σύστημα συντεταγμένων Oresmian

Η ιδέα των μαθησιακών δραστηριοτήτων που βασίζονται στο ελεύθερο πρόγραμμα δεν είναι καινούργια και ακόμη και οι ιδέες του Papert από τη δεκαετία του 80 βασίζονται στις ακόμη παλαιότερες ιδέες του John Dewey και της Marie Montessori. Ένα πράγμα που υποστηρίζουμε, με κάποιο δισταγμό, να είναι μια νέα εφεύρεση είναι εκείνο του συστήματος Oresmian Coordinate. Αυστηρά μιλώντας, αυτό δεν πρέπει να είναι περισσότερο από δύο ρίγες της ταινίας του ζωγράφου, με μονάδες και κλίμακα γραμμένο πάνω τους. Ωστόσο, η επίδραση αυτού του διδακτικού βοηθήματος φαίνεται να είναι πιο βαθιά. Το σύστημα συντεταγμένων καθιστά πιο ορατό τον επαναληπτικό χαρακτήρα της διαδικασίας σχεδιασμού. Μπορείτε να δείτε τα λάθη που κάνατε σε μία έκδοση και να καταλάβετε πώς άλλαξε την απόδοση στις άλλες εκδόσεις. Το σύστημα συντεταγμένων παρέχει μια εξαιρετική ευκαιρία για συζήτηση με τους μαθητές σχετικά με το σχεδιασμό τους, καθώς και για την παροχή σχολίων και την ερώτηση σχετικά με τη διαδικασία, προκειμένου οι μαθητές να σκεφτούν τις μελλοντικές τους επαναλήψεις. Το Σύστημα Συντεταγμένων Oresmian μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε πολλά άλλα μαθήματα, εφόσον υπάρχουν τουλάχιστον δύο παράμετροι που μπορεί να εκτελέσει ένα αντικείμενο. Θα καλύψουμε εν συντομία μερικούς τώρα:

Σκάφη

Τα παιδιά μπορούν να αντλήσουν έμπνευση από τον ακόλουθο σχεδιασμό:
<https://www.thingiverse.com/thing:843646>

Στη συνέχεια, μπορούν να επανασχεδιάσουν πολλά από τα εξαρτήματα για να επιτύχουν το σκάφος που μπορεί να φτάσει το πιο απομακρυσμένο, αλλά και να φέρουν το μεγαλύτερο βάρος (όσον αφορά, για παράδειγμα, νομίσματα). Θα διερευνήσουν θέματα όπως: υδροδυναμική, τριβή, αρχή του Αρχιμήδη και κέντρο βάρους.

Καταπέλτης

Οι μαθητές σχεδιάζουν καταπέλτες που μπορούν να εκτοξεύσουν ένα προκαθορισμένο αντικείμενο όσο το δυνατόν περισσότερο και όσο το δυνατόν ακριβέστερα. Έτσι, οι μαθητές θα πρέπει να σχεδιάσουν έναν καταπέλτη που και οι δύο έχουν ωμή δύναμη για να πυροβολήσουν μακριά, αλλά και η ακρίβεια να χτυπήσει μέσα σε ένα στόχο. Επομένως, και οι δύο άξονες του συστήματος συντεταγμένων θα έχουν μια μονάδα μήκους (απόσταση που διανύθηκε και απόσταση από τον στόχο). Ο καταπέλτης μπορεί να αποτελείται από πολλά μέρη, ένα πλαίσιο, ένα βραχίονα, μια πηγή και πολλά άλλα. Όλα αυτά μπορούν να επανασχεδιαστούν ξεχωριστά για να επιτευχθεί το καλύτερο αποτέλεσμα. Μέσα από αυτό, οι μαθητές μπορούν να μάθουν: βαλλιστικά, παραβολικές καμπύλες, την κλίμακα και την αρχή του μοχλού καθώς και το σχεδιασμό ενός συστήματος που αποτελείται από πολλαπλά τμήματα, αναγκάζοντάς τα να σκεφτούν όλο το σύστημα με έναν ολιστικό τρόπο.

Σβούρα

Μια περιστρεφόμενη κορυφή που μπορεί να ξεκινήσει από μια ταχύτητα υπήρξε ένα δημοφιλές παιχνίδι για πολλά χρόνια. Μπορείτε να βρείτε μια πλήρως 3D εκτυπώσιμη εκδοχή αυτής της σε απευθείας σύνδεση: <https://www.thingiverse.com/thing:1395135>

Το πλεονέκτημα αυτού του σχεδιασμού είναι ότι τα περισσότερα από τα μέρη μπορούν να τυπωθούν εκ των προτέρων πριν ξεκινήσει το μάθημα. Κατά τη διάρκεια του μαθήματος, οι μαθητές μπορούν στη συνέχεια να επικεντρωθούν στην εκ νέου ανάπτυξη και βελτίωση μόνο μερικών βασικών τμημάτων του σχεδίου. Οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν το Σύστημα Συντεταγμένων Oresmian για να σχεδιάσουν το βάρος ή τη διάμετρο και τον μέσο χρόνο περιστροφής της περιστρεφόμενης κορυφής. Σε αυτό το μάθημα τα παιδιά θα αγγίξουν: την αδράνεια, την ορμή, τη φυσική Newtonian, και τις συντεταγμένες Euler.

Περίληψη

Αυτό το εγχειρίδιο αποτελεί έναν γρήγορο οδηγό για το πώς να ξεκινήσετε με την εκτύπωση 3D στην τάξη. Δεν είναι σε καμία περίπτωση ένας πλήρης οδηγός, όπως πιθανότατα δεν θα υπήρχε ποτέ. Η εκτύπωση 3D είναι ένας συνεχώς αναπτυσσόμενος τομέας και οι τεχνολογίες που διδάσκουμε τώρα τα παιδιά θα είναι αναμφισβήτητα ξεπερασμένες μόλις ξεκινήσουν τη

σταδιοδρομία τους. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να συνειδητοποιήσουμε ότι τα αειφόρα μαθήματα δεν προέρχονται από τη διδασκαλία των παιδιών πώς να τρισδιάστατο μοντέλο και 3D εκτύπωση, αλλά να διδάξουν εξ ολοκλήρου άλλα πράγματα μέσω της χρήσης αυτής της τεχνολογίας. Διδάσκοντας τους μαθητές ότι ένα σχέδιο δεν είναι ποτέ τελικό, ότι τα πράγματα μπορούν να βελτιωθούν μέσω επαναλήψεων, ότι είναι απαραίτητο να αποτύχουν να μάθουν μερικές φορές είναι όλα τα παραδείγματα των μαθημάτων ζωής παρά τα μαθήματα εκτύπωσης 3D. Με την εστίαση στη μεγάλη εικόνα και σε αυτό που θέλει να επιτύχει με την τρισδιάστατη εκτύπωση, αντί να χαθεί στις ιδιαιτερότητες της κοπής και της ποιότητας εκτύπωσης, μπορεί να σημαίνει ότι οι μαθητές μαθαίνουν ισχυρές ιδέες που μπορούν να διαρκέσουν μια ζωή. Η μοναδική δυνατότητα του 3D εκτυπωτή είναι να βλέπει κανείς τις ιδέες του να ζωντανεύει μπροστά στα μάτια σας και να είναι σε θέση να τις δοκιμάσει στην πραγματική ζωή. Οι δυνατότητες αυτής της τεχνολογίας δεν έχουν κατανοηθεί ακόμη, αλλά πιστεύουμε ακράδαντα ότι οι πραγματικά εκπληκτικές χρήσεις της τεχνολογίας δεν θα προέρχονται από το μυαλό της γενιάς μας αλλά από τη γενιά που διδάσκουμε.

Αναφορές

3D εκτύπωση σε γενικές γραμμές

Το εγχειρίδιο εκτύπωσης 3D <https://www.3dhubs.com/3D-printing-Handbook>
Simplify3D έχει έναν οδηγό τόσο για την ποιότητα εκτύπωσης, και τα υλικά
<https://www.simplify3d.com/support/materials-guide/>
<https://www.simplify3d.com/support/print-quality-troubleshooting/>

Τεχνολογία στην εκπαίδευση και makerspaces

Εφεύρει να μάθουν: κάνοντας, σταδιακής βελτίωσης, και της μηχανικής στην τάξη, *Σύλβια Martinez και Gary Stager* <https://inventtolearn.com/>

Ουσιαστική παραγωγή, έργα και εμπνεύσεις για Fab Labs και makerspaces, *Paolo Blikstein, Σύλβια Martinez* <http://fablearn.stanford.edu/Fellows/Page/meaningful-making-Book>

MINDSTORMS, παιδιά, υπολογιστές και ισχυρές ιδέες, *Σίμορ χαπρί*
<http://worrydream.com/refs/Papert%20-%20Mindstorms%201st%20Ed.pdf>

Κόσμους της λήψης <https://www.worldsofmaking.com/>

Makerbots 3D εκτύπωση εγχειρίδιο για την εκπαίδευση
https://www.MakerBot.com/Educators-Guidebook/?utm_source=thingiverse&utm_medium=Education&utm_campaign=TV-MakerBot-in-the-Classroom

CAD λογισμικά

www.tinkercad.com
<https://www.rhino3d.com/>
<https://www.autodesk.com/products/fusion-360/students-teachers-educators>
<http://www.grasshopper3d.com/>
<https://www.autodesk.dk/products/maya/overview>
<https://www.blender.org/>