ΚΟΛΛΕΓΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Γυμνάσιο

«ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΟΚΙΜΗ ΤΗΣ ΑΥΤΟΓΕΝΟΥΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΣΕ ΔΙΑΣΤΗΜΟΠΛΟΙΑ»

Μαθητική ομάδα

Σκεύης Νικόλας

Χρυσικός Δημήτρης

Χαΐνης Γιώργος

Τρικαλίδης Βύρωνας

Αντωνιάδης Στέλιος

Αναγνωστάκης Ορέστης

Υπεύθυνοι καθηγητές:

Ανδρικόπουλος Νικόλαος – Φυσικός

Σιώτου Ειρήνη - Φυσικός

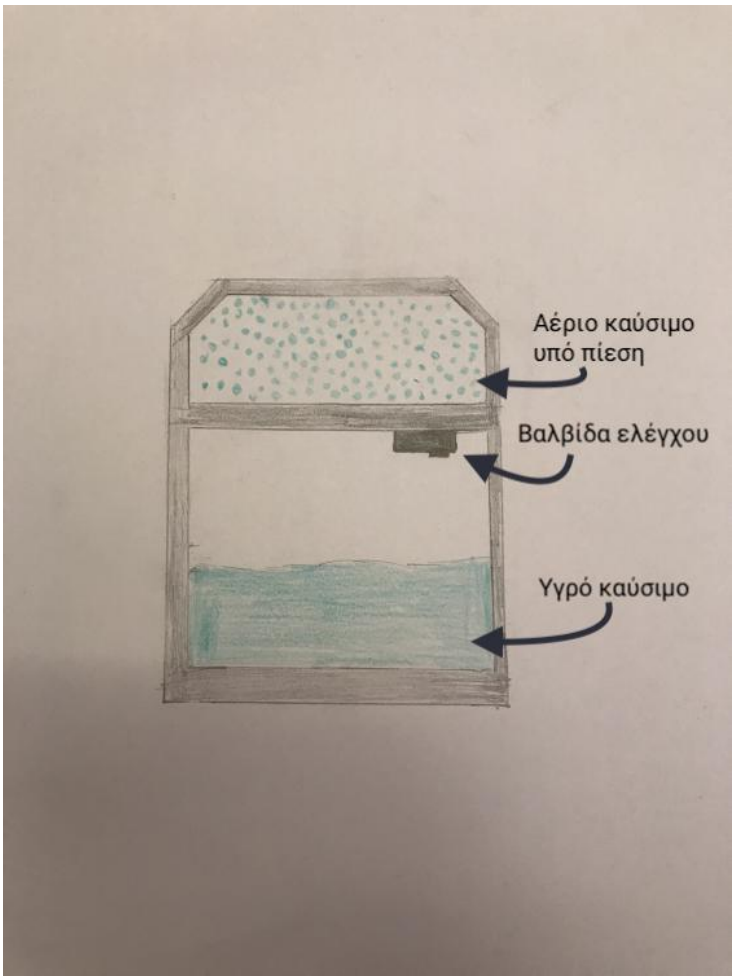
Email επικοινωνίας: nandrikopoulos@athenscollege.edu.gr

Ψυχικό, Άνοιξη 2021

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΙΔΕΑΣ

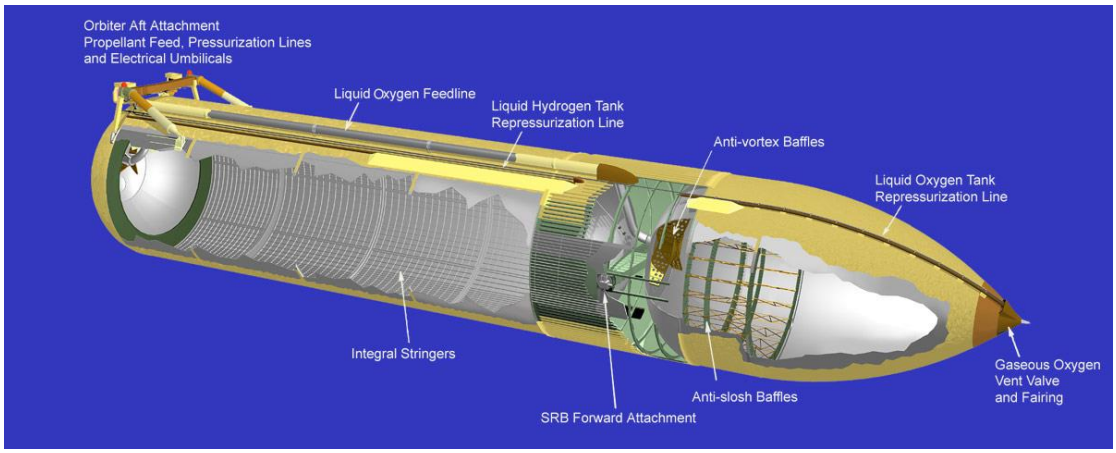
Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα στην αξιοποίηση μηχανών υγρών καυσίμων για την διαστημική εξερεύνηση αποτελεί η διατήρηση της πίεσης στα δοχεία των καυσίμων, τα οποία τροφοδοτούν τις μηχανές με το καύσιμο και το οξειδωτικό.

Στόχος της πειραματικής διάταξης είναι η δοκιμασία του autogenous pressurization (δηλ. της διατήρησης της πίεσης των καυσίμων ενός πυραύλου με τη χρήση του ίδιου του καυσίμου). Πιο συγκεκριμένα, η πειραματική διάταξη θα επιχειρήσει να συλλέξει δεδομένα για το κατά πόσο είναι εφικτό να θέσει ένα υγρό υπό έλεγχο και να αυξήσει την ολική πίεση του δοχείου που το περιέχει, μετά από ένα χρονικό διάστημα.



Η χρήση autogenous pressurisation έγινε για πρώτη φορά στο booster μέρος του πυραύλου Titan, ενώ έχει χρησιμοποιηθεί και στον πάνω όροφο του εν λόγω οχήματος. Επιπρόσθετα, η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει χρησιμοποιηθεί και στο εξωτερικό δοχείο καυσίμων του διαστημικού λεωφορείου. Παράλληλα, αναμένεται να χρησιμοποιηθεί σε αρκετούς ανερχόμενους πυραύλους.

Η εν λόγω τεχνολογία δουλεύει, σε κανονικούς πυραύλους, ως εξής. Η μηχανή του πυραύλου, κατά την διάρκεια της διαδικασίας της καύσης, στέλνει μέρος του καυτού καυσίμου και οξειδωτικού στα αντίστοιχα δοχεία. Αυτό το καυτό καύσιμο/οξειδωτικό εισέρχεται στα δοχεία και διαστέλλεται, πιέζοντας το υγρό καύσιμο προς τα κάτω. Συγχρόνως, οδηγεί μέρος του καυσίμου να βράσει, με αποτέλεσμα το επιπλέον αέριο καύσιμο να αυξήσει περαιτέρω την πίεση.



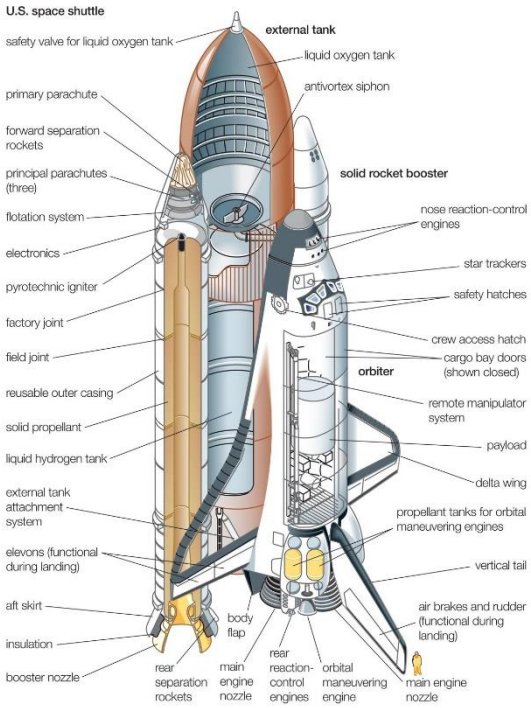
Εικόνα 1 Το εξωτερικό δοχείο καυσίμων του διαστημικού λεωφορείου, όπου αξιοποιούνταν autogenous pressurization

Η πειραματική διάταξη θα αποτελείται από δύο δοχεία, το ένα μέσα στο άλλο, όπου στο ένα (το μεγαλύτερο), στο οποίο θα μέσα θα βρίσκεται το άλλο, θα υπάρχει το καύσιμο σε υγρή μορφή και στο μικρότερο θα υπάρχει σε αέρια μορφή.

Τα δύο δοχεία θα συνδέονται μέσω μιας βαλβίδας. Η βαλβίδα αυτή θα ελέγχεται από ένα σύστημα Arduino. Όταν η πειραματική διάταξη μαζί με την κάψουλα έρθουν σε καθεστώς μικροβαρύτητας η βαλβίδα θα ξεκινήσει να απελευθερώνει σταδιακά το αέριο καύσιμο, με σκοπό να αυξήσει την πίεση στο δοχείο.

ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗ ΑΞΙΑ

Σήμερα, ως επί το πλείστων, για την διατήρηση της πίεσης των καυσίμων σε πυραύλους χρησιμοποιείται κάποιο αέριο όπως το ήλιο. Ωστόσο, αυτό συνεπάγεται με επιπλέον κόστος (καθώς απαιτείται παραπάνω υποδομή στο έδαφος για την υποστήριξη του ηλίου κ.α.), ενώ ενδέχεται το ήλιο να εισέλθει στην μηχανή διαταράσσοντας την διαδικασία της καύσης, οδηγώντας σε προβλήματα με την λειτουργία της μηχανής, όπως φάνηκε στην πτήση του δοκιμαστικού πυραύλου της SpaceX, SN10, όπου η είσοδος ηλίου στον πύραυλο άλλαξε την αναλογία καυσίμου – οξειδωτικού, με αποτέλεσμα η ώση του πυραύλου να μειωθεί.



Εικόνα 2 Το εξωτερικό δοχείο καυσίμων του διαστημικού λεωφορείου https://gr.pinterest.com/pin/304837468500136948/

Η μέθοδος autogenous pressurization προσφέρει μια σειρά από οφέλη, καθώς μειώνει την ανάγκη για εξοπλισμό στο έδαφος (ο οποίος θα χρησιμοποιούνταν για την αποθήκευση και ανεφοδιασμό του πυραύλου με ήλιο), μειώνει τις περιστάσεις όπου οξειδωτικό και καύσιμο έρχονται σε επαφή (αφού δεν θα παίρνουν ήλιο από το ίδιο δοχείο), μειώνει τα σημεία τα οποία μπορούν να οδηγήσουν σε αποτυχία, και μειώνει το κόστος ανά εκτόξευση. Παράλληλα, σε αντίθεση με το ήλιο, καύσιμα και οξειδωτικά, όπως το μεθάνιο, το υδρογόνο και το οξυγόνο μπορούν να παραχθούν στον Άρη (που αναμένεται να είναι το πρώτο ουράνιο σώμα το οποίο θα αποικιστεί από τον άνθρωπο).

Εικόνα 3 COPV - δοχείο για την αποθήκευση Ηλίου, το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως στον τομέα της αεροδιαστημικής

https://www.nasa.gov/feature/copv-test-and-measurement-techniques/

Η πειραματική μας διάταξη στοχεύει να αποτελέσει ένα technology demonstrator για την εν λόγω τεχνολογία και να συγκεντρώσει δεδομένα, τα οποία θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή νέων διαστημοπλοίων/πυραύλων. Επιπρόσθετα, θα μαζέψει δεδομένα όχι μόνο για την διατήρηση της πίεσης, αλλά και για την αύξηση της πίεσης (όπως σε συνθήκες μετά από ανεφοδιασμό καυσίμων).

ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Περιγραφή της πειραματικής διάταξης:

Η πειραματική διάταξη θα έχει ως εξής. Ολόκληρο το πείραμα, το οποίο θα τοποθετηθεί στο mini payload του New Sheppard, θα είναι ενσωματωμένο σε ένα κουτί carbon composite (στην λίστα εμφανίζεται μεγάλο κουτί carbon composite). Μέσα σε αυτό θα βρίσκεται ένα άλλο (μικρό κουτί carbon composite). Έξω από το μεγάλο κουτί carbon composite και προσκολλημένο σε αυτό θα βρίσκεται η πλακέτα με το Arduino, μαζί με τους αισθητήρες και το USB port (το οποίο θα συνδεθεί με τον κεντρικό υπολογιστή της κάψουλας).

Μέσα στο μικρό δοχείο, θα βρίσκεται άζωτο σε αέρια μορφή και υπό πίεση περίπου 20 bar, και στο κάτω δοχείο θα βρίσκεται το άζωτο σε υγρή μορφή. Την στάθμη του υγρού στο κάτω δοχείο θα παρακολουθεί ο αισθητήρας της στάθμης, ενώ την πίεση στα δύο δοχεία θα παρακολουθούν οι αισθητήρες πίεσης. Όλοι οι αισθητήρες θα είναι συνδεδεμένοι στην πλακέτα με το Arduino η οποία θα καταγράφει τα δεδομένα, τα οποία θα λαμβάνονται μέσω του κεντρικού υπολογιστή και συστημάτων επικοινωνίας της κάψουλας (η οποία θα είναι συνδεδεμένη με την πειραματική μας διάταξη μέσω USB).

Τα δύο δοχεία θα είναι συνδεδεμένα με μία βαλβίδα η οποία θα παραμένει κλειστή μέχρι η κάψουλα να εισέλθει σε περιβάλλον μικροβαρύτητας.

Υλικά:

Οι τιμές βρίσκονται κατά προσέγγιση

Υλικά	Εκτιμώμενο Βάρος
Μεγάλο δοχείο από carbon composites	126 g
Μικρό δοχείο από carbon composites	100 g
Βαλβίδα	70 g
Αισθητήρας πίεσης	30 g
Αισθητήρας στάθμης	30 g
Arduino	15 g
USB port (για σύνδεση με το New Sheppard)	10 g
Υγρό Άζωτο	46 g
Αέριο Άζωτο	34 g
Σύνολο	490 g

Διαστάσεις:

Οι τιμές βρίσκονται κατά προσέγγιση

Υλικά	Διαστάσεις (μ * π * υ) cm
Μεγάλο δοχείο από carbon composites	10,0 * 9,0 * 20,0 (το 1 cm χρησιμεύει στην εγκατάσταση του Arduino στο εξωτερικό του δοχείου)
Μικρό δοχείο από carbon composites	9,9 * 8,9 * 6
Βαλβίδα	2 * 1 * 2
Αισθητήρας πίεσης	2 * 1 * 1
Αισθητήρας στάθμης	2 * 1 * 1
Arduino	6,8 * 5,3 * 1
USB port	1 * 0,5 * 1
Υγρό Άζωτο	N/A
Αέριο Άζωτο	N/A

Αναλυτική περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας:

Οι χρονικές στιγμές βρίσκονται κατά προσέγγιση και εξαρτώνται από το flight plan της αποστολής, η οποία θα μεταφέρει την πειραματική διάταξη στο διάστημα

Οι χρονικές στιγμές υπολογίζονται με t = 0 την στιγμή της εκτόξευσης και μετριούνται σε λεπτά (στον κώδικα καταγράφονται σε millisecond)

t = 0:00 → Εκτόξευση του πυραύλου New Sheppard με την πειραματική διάταξη

t = 3:30 → Ο υπολογιστής Arduino ξεκινά να καταγράφει δεδομένα για την στάθμη του υγρού αζώτου (το οποίο προσομοιάζει τα κρυογονικά καύσιμα και οξειδωτικά που χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστων σε πυραύλους) και την πίεση των δοχείων – Το σκάφος εισέρχεται σε περιβάλλον μικροβαρύτητας

t = 3:30 – 4:30 → 1 λεπτό περνά το οποίο προσομοιάζει ένα διάστημα μεταξύ διαφορετικών φάσεων της πτήσης ενός διαπλανητικού διαστημοπλοίου.

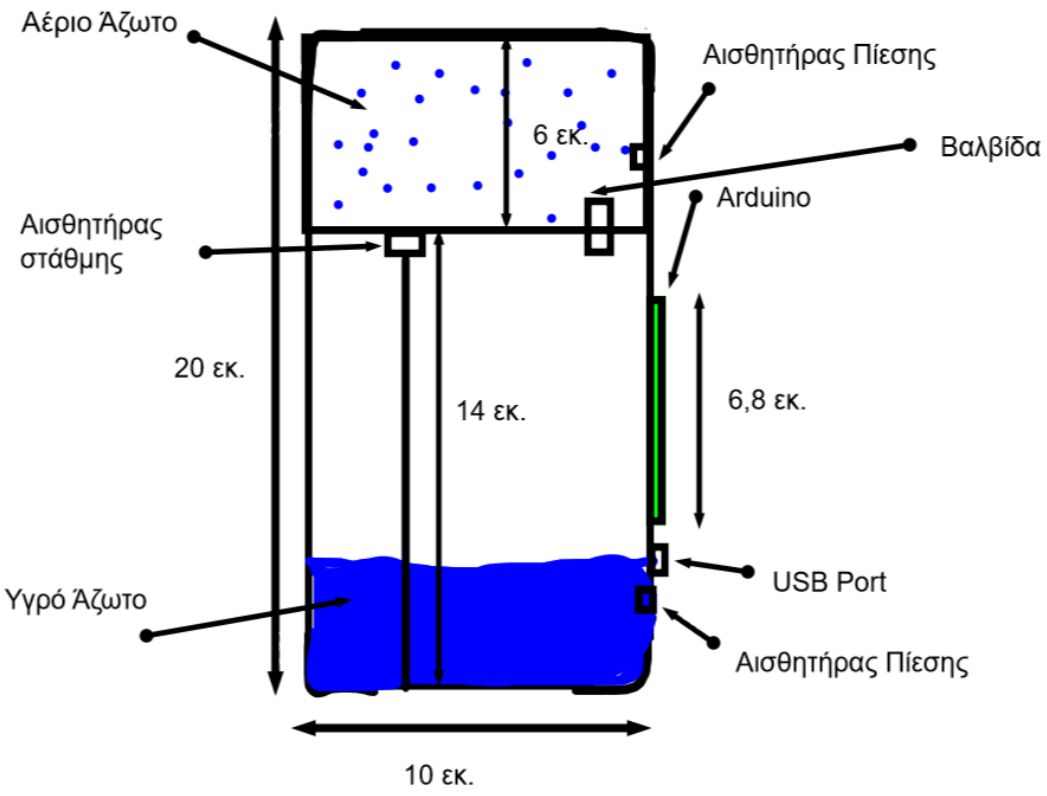
t = 4:30 → Η βαλβίδα ξεκινά να απελευθερώνει το αέριο άζωτο, με στόχο να αυξήσει την πίεση που δέχεται το υγρό σε 3 bar και να περιορίσει την διάχυσή του, προσομοιάζοντας την αύξηση της πίεσης πριν από την εκτόξευση ή κάποια άλλη φάση του ταξιδιού ενός διαστημοπλοίου.

t = 4:30 – 11:00 → Το δοχείο διατηρεί την πίεσή του, με την βαλβίδα να ανοίγει για να κάνει μικροδιορθώσεις στην πίεση.

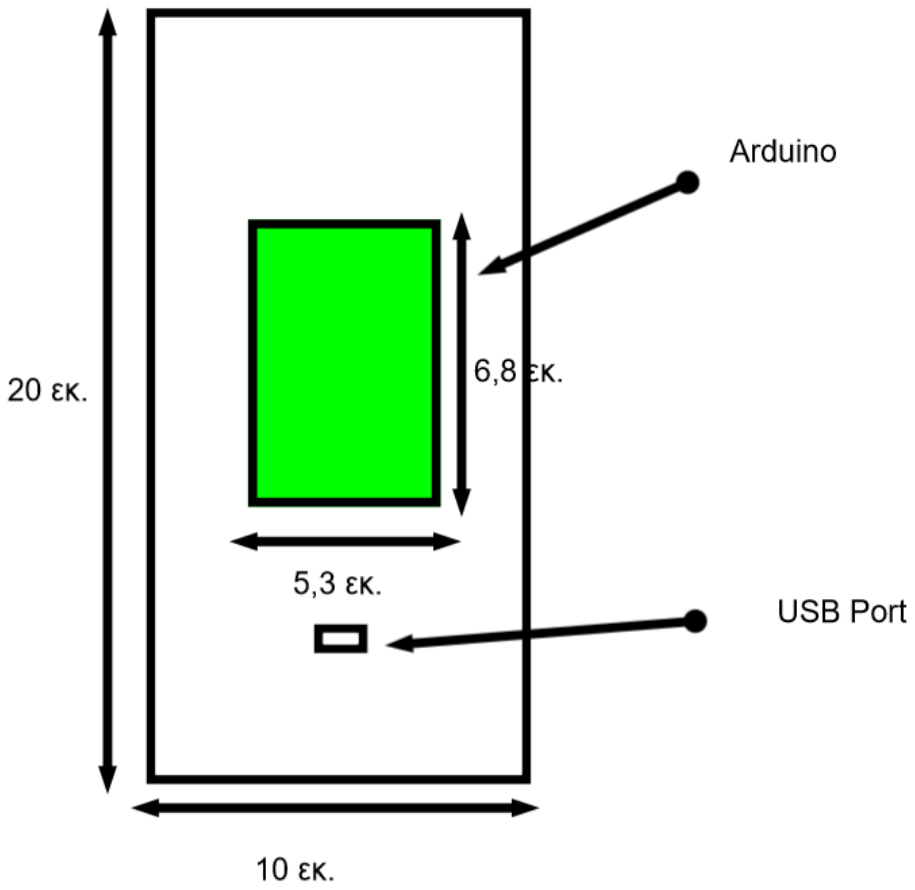
t = 11:00 → Η κάψουλα New Sheppard προσγειώνεται πίσω στην γη.

Σχέδια

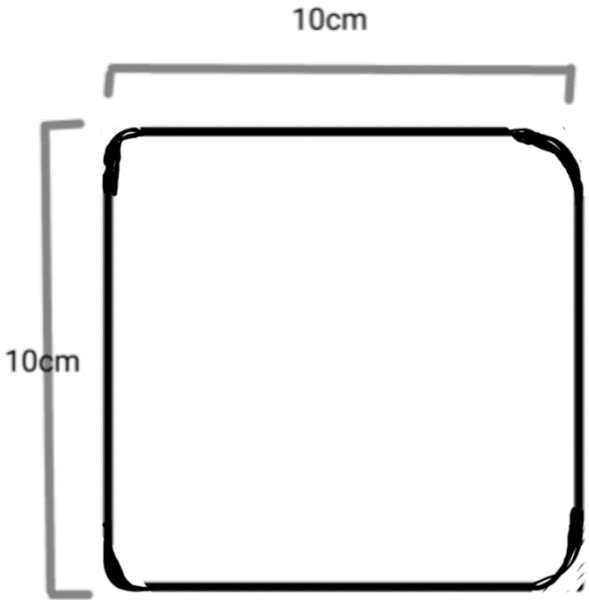
Πρόσοψη



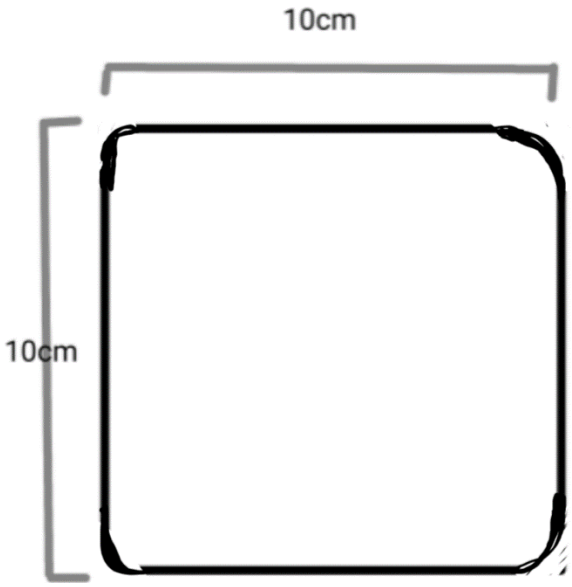
Πλάγια Όψη



Πάνω όψη



Κάτω όψη



Κώδικας

```
int valve = 1;
int pressuresensora = 6;
int pressuresensorb = 7;
int pressuresensorc = 8;

int time = millis();

void setup() {

  pinMode(valve, OUTPUT);
  pinMode(pressuresensora, INPUT);
  pinMode(pressuresensorb, INPUT);
  pinMode(pressuresensorc, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {

  if (time == 210000){ //3.5 minutes
    Serial.println(pressuresensora);
    Serial.println(pressuresensorb);
    Serial.println(pressuresensorc);

  }
  if (time == 270000) //4.5 minutes
    {
        digitalWrite(valve, HIGH);
    }
  else if(pressuresensora>3) //3 bar
  {
    digitalWrite(valve, LOW);
  }
}
```

Βιβλιογραφία:

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΙΔΕΑΣ

Inman, Arthur. "Shuttle Performance Augmentationwith the Titan Liquid Boost Module." *The Space Congress® Proceedings.*, Scholarly Commons, 1980, commons.erau.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2565&context=space-congress-proceedings. Accessed 13 May 2021

CHRISTIAN, C. "Autogenous Pressurization for Space Vehicle Propulsion Systems." *Aerospace Research Center*, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 12 Aug. 2012, arc.aiaa.org/doi/10.2514/6.1968-626. Accessed 13 May 2021

ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗ ΑΞΙΑ

CHRISTIAN, C. "Autogenous Pressurization for Space Vehicle Propulsion Systems." *Aerospace Research Center*, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 12 Aug. 2012, arc.aiaa.org/doi/10.2514/6.1968-626. Accessed 13 May 2021

Wall, Mike. "SpaceX's SN10 Starship Prototype Lands after Epic Test Launch - but Then Explodes." *Space.com*, Space, 4 Mar. 2021, www.space.com/spacex-starship-sn10-test-launch-landing-explosion. Accessed 13 May 2021

https://www.spacex.com/media/starship_users_guide_v1.pdf. Accessed 13 May 2021

https://www.spacex.com/media/making_life_multiplanetary_2016.pdf. Accessed 13 May 2021