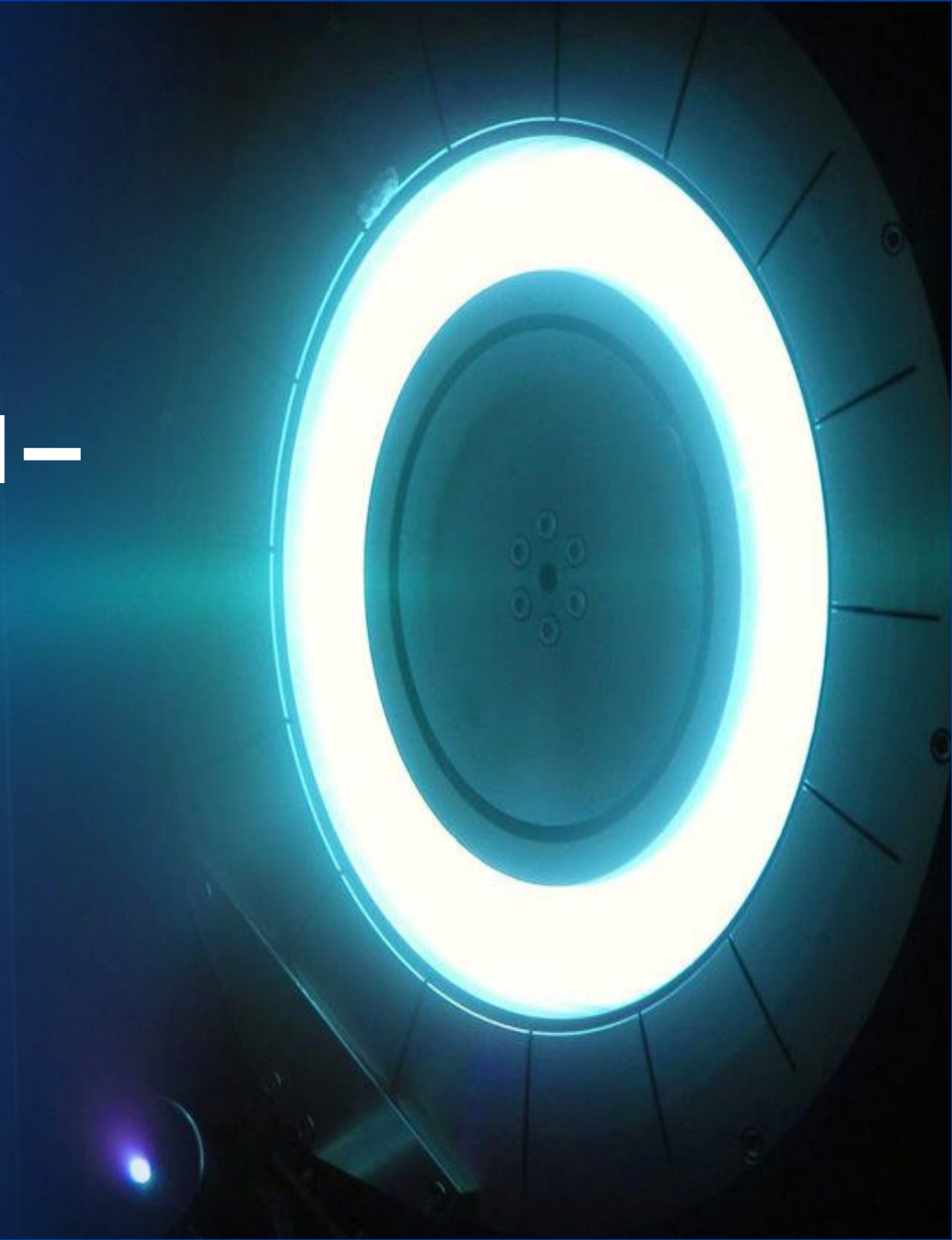


**Ионды қозғалтқыш —  
болашақтың  
қозғалтқышы**



# 1. Аннотация

## **Жұмыстың өзектілігі :**

Ионды қозғалтқыштардың дамуы қазіргі ғарыштық миссиялар мен болашақ ғарыштық зерттеулердің негізгі бағыттарының бірі болып табылады. Ғарыш аппараттарының ұзақ мерзімді және тиімді жұмысы үшін жанармайды үнемді пайдалану және жоғары жылдамдыққа қол жеткізу мәселелері ерекше маңызға ие. Ионды қозғалтқыштар дәл осы міндеттерді шешуге көмектеседі, себебі олар аз мөлшердегі жанармайды қолдана отырып, ғарыш кемелерін ұзақ қашықтыққа жоғары тиімділікпен жеткізе алады. Бұл технологияның өзектілігі күн сайын артып келеді, өйткені ғарыштық аппараттарды басқару және планетарлық зерттеулерде ионды қозғалтқыштардың артықшылықтары маңызды рөл атқарады. Сонымен қатар, ғарыштық қоқыстарды тазалау және Марс сияқты алыс планеталарға зерттеу миссияларын жүзеге асыруда ионды қозғалтқыштар жаңа мүмкіндіктер ашады. Осыған орай, ионды қозғалтқыштар болашақта ғарыш саласын дамытудағы басты технологиялардың бірі болары сөзсіз.

## **Мақсаты:**

Бұл жұмыстың мақсаты – иондық қозғалтқыштардың жұмыс принциптерін зерттеу және оның жұмыс істейтін моделін жасау.

## **Зерттеу міндеттері :**

Ионды қозғалтқыштардың жұмыс принциптерін жан-жақты зерттеу;

Ғылыми дереккөздерден ақпарат жинау және талдау;

Ионды қозғалтқыштың жұмыс істейтін моделін құрастыру;

Модельдің жұмысын сынап, нәтижелерді талдау;

Жұмыс барысында алынған мәліметтерді физика сабақтары мен сыныптан тыс іс-шараларда пайдалану.

## 2. Аннотация

### **Гипотеза :**

Егер газды иондау арқылы иондар жоғары жылдамдыққа дейін үдетілсе, онда олар реактивті тартылыс тудырып, ғарыш аппараттарын тиімді қозғалта алады.

### **Зерттеу кезеңдері :**

Теориялық зерттеу: ионды қозғалтқыштардың жұмыс принциптерін оқып-үйрену;

Ақпараттық дереккөздермен жұмыс: ғылыми әдебиеттерді және интернет ресурстарды пайдалану;

Практикалық жұмыс: ионды қозғалтқыштың моделін жасау және тәжірибе жүргізу;

Алынған мәліметтерді талдау және қортынды жасау;

Ғылыми жоба нәтижелерін қорғау және демонстрациялау.

### **Зерттеу әдістері :**

Ғылыми дереккөздермен теориялық талдау;

Интернет ресурстармен жұмыс;

Эксперимент жүргізу және алынған мәліметтерді салыстыру.

### **Жұмыстың жаңалығы :**

Ионды қозғалтқыштардың моделін жасап, оның жұмыс принципін тәжірибелік жолмен зерттеу. Бұл зерттеу ионды қозғалтқыштардың жаңа қолдану салаларын ашуға және болашақта олардың ғарыштық аппараттарды басқарудағы рөлін арттыруға мүмкіндік береді. Бұған қоса, зерттеу физика сабақтарында оқушыларға жаңа технологияларды үйретуге бағытталған.

### 3. Аннотация

#### **Зерттеудің дербестік деңгейі :**

Жоба дербес орындалды. Ғылыми дереккөздер мен интернет-ресурстарға негізделе отырып, зерттеудің барлық кезеңдері мен тәжірибелік жұмыстар өз бетімше жүргізілді. Тәжірибелік бөлімде құрылғыны құрастыру және сынау процесі толығымен жеке жүзеге асырылды.

#### **Жұмыстың нәтижелері :**

Зерттеу нәтижесінде ионды қозғалтқыштардың жұмыс принциптері нақты түсіндірілді. Жасалған модель газдың иондануы және оның үдетілуі арқылы жұмыс істейтінін көрсетті. Алынған мәліметтер болашақ ғарыштық миссиялар үшін ионды қозғалтқыштардың жоғары тиімділігі мен ұзақ мерзімді қолданысы маңызды екенін дәлелдейді. Модельді физика сабақтарында демонстрациялық құрал ретінде қолдануға болады.

#### **Қорытынды :**

Ионды қозғалтқыштардың болашағы зор, себебі олар жанармайды үнемді пайдаланумен қатар, ғарыш аппараттарының жылдамдығын арттырып, ұзақ мерзімді жұмысты қамтамасыз етеді. Бұл технология ғарыштық зерттеулердің жаңа кезеңіне жол ашып, ғарыш қоқыстарын жою және алыс планеталарға сапар жасау сияқты күрделі міндеттерді шешуге мүмкіндік береді.

## 4. ANNOTATION

The ion engine is a device that generates thrust by accelerating ionized gas to high speeds in an electric field. The aim of the project: to study the principles of the ion engine and to create a working model. Research object: ion engine. Research subject: the ionization process of gas, which generates reactive motion. Research objectives:

- To study information sources related to the research topic;
- To develop a model of the ion engine;
- To assemble and test the device. Research methods:
- Working with scientific sources;
- Working with internet resources;
- Conducting an experiment. Hypothesis: during gas ionization, reactive thrust capable of moving an object is generated. The relevance of the project lies in the fact that the use of ion engines opens new opportunities for the development of space vehicles. Practical significance – constructing an experimental working model of an ion engine that can be used for demonstration purposes in physics classes and extracurricular activities. Research results: The study demonstrated the high efficiency and long operational life of ion engines, which play a crucial role in space missions. The future of ion engines is promising, as they will likely be widely used for space debris removal, planetary exploration, and spacecraft control.

### **RELEVANCE (ACTUALITY)**

The development of ion engines is one of the key areas in modern space missions and future space exploration. The importance of fuel efficiency and achieving high velocities for long-term space missions is crucial. Ion engines address these challenges by using minimal fuel while achieving high speeds, making them highly relevant. This technology is becoming increasingly significant as ion

## 5. ANNOTATION

engines are advantageous in controlling spacecraft and exploring distant planets. Moreover, ion engines are seen as a potential solution for space debris collection, a major issue in space exploration. In the near future, they will play a major role in both long-distance space missions and improving space sustainability by reducing debris, thus opening up new horizons for space exploration.

**Objective:** The objective of this work is to study the working principles of ion engines and create a functioning model that demonstrates their operation.

### RESEARCH OBJECTIVES

- 1.To thoroughly explore the working principles of ion engines;
- 2.To gather and analyze information from scientific sources;
- 3.To construct a working model of the ion engine;
- 4.To test the model and analyze the results;
- 5.To apply the findings for educational purposes in physics lessons and extracurricular activities.

### HYPOTHESIS

If ionized gas is accelerated by an electric field, it generates reactive thrust, allowing spacecraft to move efficiently.

### RESEARCH STAGES

- 1.Theoretical research: studying the working principles of ion engines;
- 2.Working with information sources: analyzing scientific literature and internet resources;
- 3.Practical work: building and testing the ion engine model;
- 4.Analyzing the data obtained and drawing conclusions;
- 5.Defending and demonstrating the project results.

### RESEARCH METHODS

- Theoretical analysis of scientific sources;

## 6. ANNOTATION

- Working with internet resources;
- Conducting an experiment and comparing results.

### **NOVELTY OF THE RESEARCH**

The novelty of this study lies in creating a working model of an ion engine and experimentally investigating its operating principles. This research opens up new avenues for the potential applications of ion engines in space exploration. The study also serves as an educational tool for teaching new technologies in physics classes.

### **DEGREE OF INDEPENDENCE**

This project was independently conducted. All research stages, including the gathering of information from scientific and internet resources, constructing the model, and performing the practical experiments, were carried out independently. The model assembly and testing were done autonomously as part of the practical component.

### **RESULTS**

As a result of the study, the working principles of ion engines were clearly understood. The constructed model demonstrated how ionized gas accelerates through an electric field, producing thrust. The findings highlight the high efficiency and long-term functionality of ion engines in future space missions. The model can be utilized in physics lessons as a demonstrative tool.

### **CONCLUSION**

Ion engines have a promising future, as they not only efficiently use fuel but also enhance spacecraft speed and enable long-duration missions. This technology paves the way for a new era of space exploration, offering solutions to critical challenges such as space debris removal and enabling missions to distant planets.



## 7. ПРАКТИКАЛЫҚ БӨЛІМІ

### Иондық қозғалтқыш моделін жинау.

Ионды қозғалтқыштың моделін құрастыру үшін келесі негізгі компоненттер қажет:

1 - Жоғары вольтты тұрақты ток трансформаторы кіру 6-12 В, шығу 400 КВ дейін

1- USB адаптер крокодил,

1- мини-кнопочный қосқыш кілт,

2- полипропиленнен жасалған подшипниктер

4- Алюминий жұқа бетті сақиналар,

Ағаш таяқшалар, Өткізгіштер, ПВХ материал, 5-9 Вольтті ток көзі.

Қажетті компоненттердің барлық бағасы 2000 теңгені құрайды.

Қуаттағыш ток көзінің мәндері, 5 вольт, 2 ампер және 10 ваттан тұрады, яғни біз 10 ваттық ток көзін пайдаланып отырмыз

100-240 V ~ FREKUENSI 50-60 Hz 0.5 A  
OUTPUT/ВЫХОД: 9.0 V  $\Rightarrow$  1.67 A, 15.0 W or  
5.0 V  $\Rightarrow$  2.0 A, 10.0 W

Осы компоненттерді сатып алғыңыз келсе немес бағасына қызықсаңыз тексеріп көру ретінде асытндағы QR-кодты сканерлеп кіре аласыз. (09.02.2025ж)



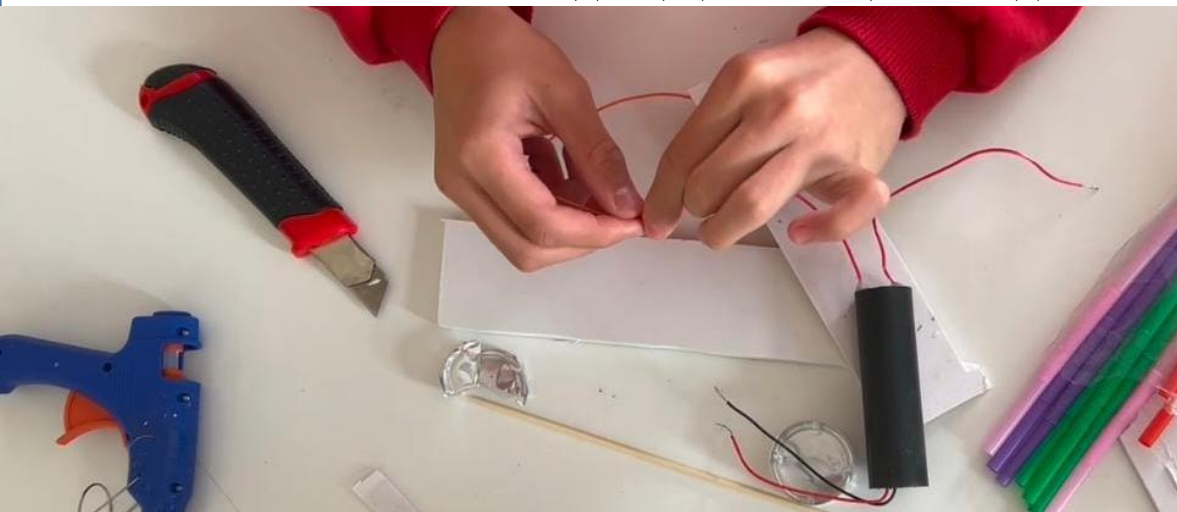


## 8. ПРАКТИКАЛЫҚ БӨЛІМІ



# 9. ПРАКТИКАЛЫҚ БӨЛІМІ

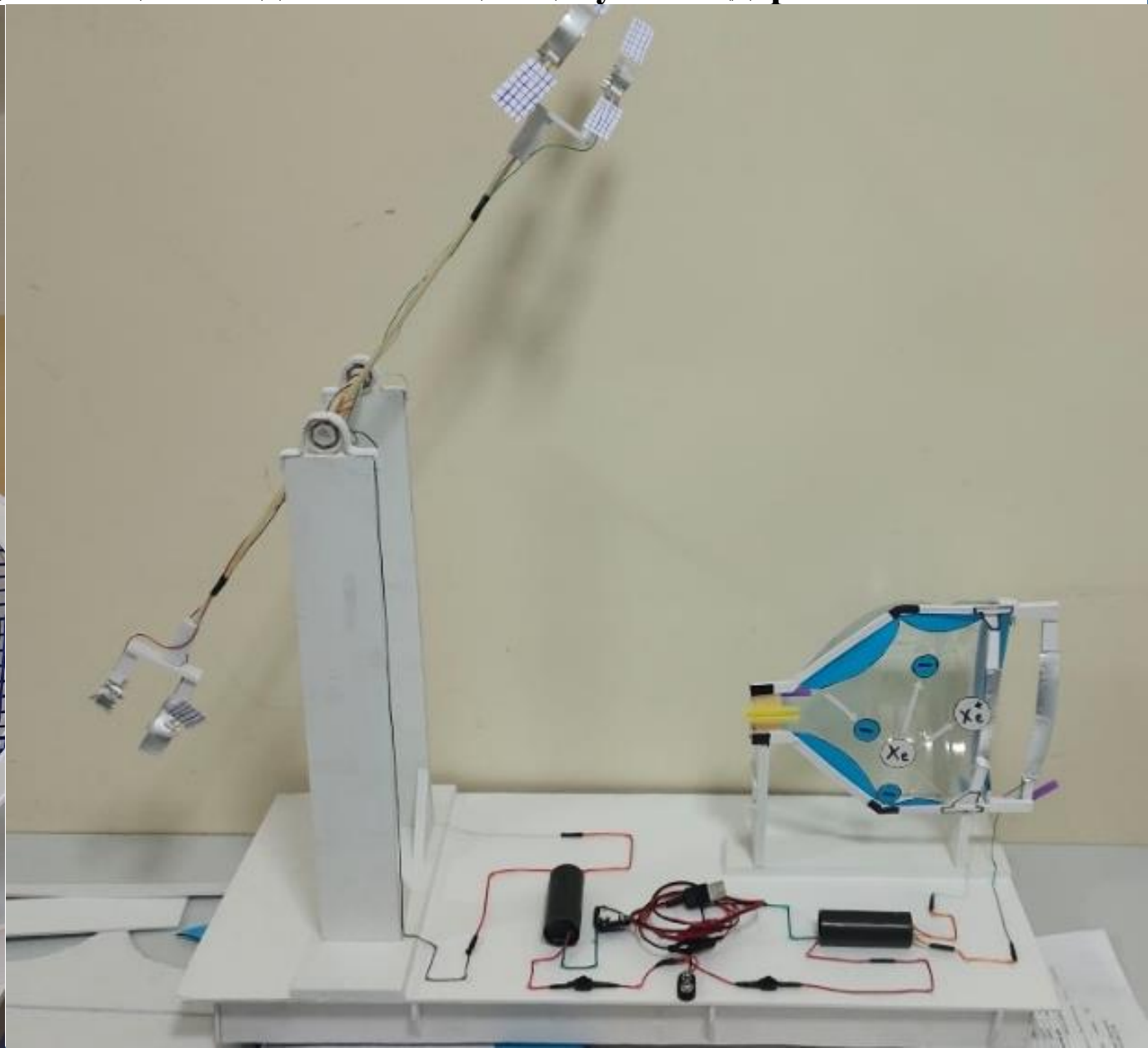
Иондық қозғалтқыш моделін жинау кезеңдері.





# 10. ПРАКТИКАЛЫҚ БӨЛІМІ

Иондық қозғалтқыш моделін толық аяқтау кезеңдері.



# 11. ПРАКТИКАЛЫҚ БӨЛІМІ

**Иондық қозғалтқыштардың жұмыс принциптерін зерттеу** мақсатында біз эксперименттік модель жасадық. Бұл модель екі иондық қозғалтқыштан тұрады, олар рычагтың ұштарында орналасқан және бір осьтің бойымен айналады. Модель диэлектрлік материалдан – ПВХ-дан жасалған .

Әрбір қозғалтқышқа кернеу блокпитания қуат көзі арқылы беріледі. Бұл қуат көзі айнымалы 220 В желіге қосылады және оны тұрақты 5 В-қа түрлендіреді. Кернеуді бірнеше киловольтқа дейін көтеру үшін қуат көзі электрошокердің көтергіш трансформаторына жалғанады, одан әрі иондық қозғалтқыш моделіне қосылады.

Әрбір қозғалтқыш екі алюминий цилиндрінен (анод) және (катод) тұрады. Жұмыс ортасы ретінде ауа қолданылады. Электрошокердің трансформаторының паспортта көрсетілген максималды кернеуі 400 000 В кернеу шығарады.

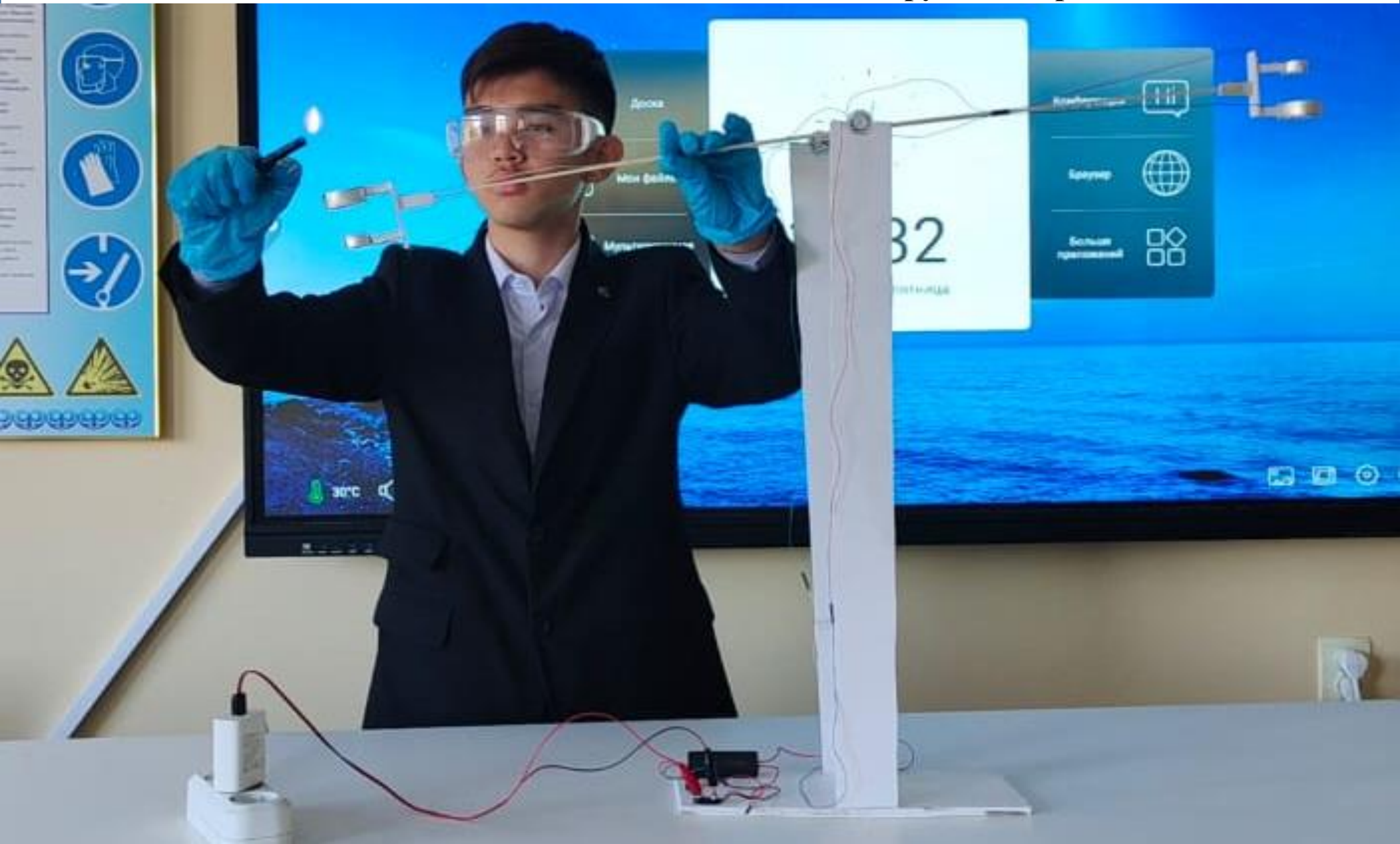
Жоғары кернеу әсерінен ионизатор электродтарында электрлік корона разряды пайда болады, бұл ауа молекулаларын иондайды. Пайда болған оң иондар электр өрісінде үдейді және ионды жел тудырады, оны рычагтың айналуы арқылы байқауға болады. Осы сәтте пайда болған реактивті күш модельдің айналуын тудырады.

Ауаның иондануын қозғалтқыш іске қосылғаннан кейін озонның өзіне тән иісі арқылы анықтауға болады, бұл иіс найзағайдан кейінгі иіске ұқсас.

Осылайша, біздің жасалған жұмыс істейтін модель ғарыш аппараттарында қолданылатын иондық қозғалтқыштың ең қарапайым мысалы болып табылады.

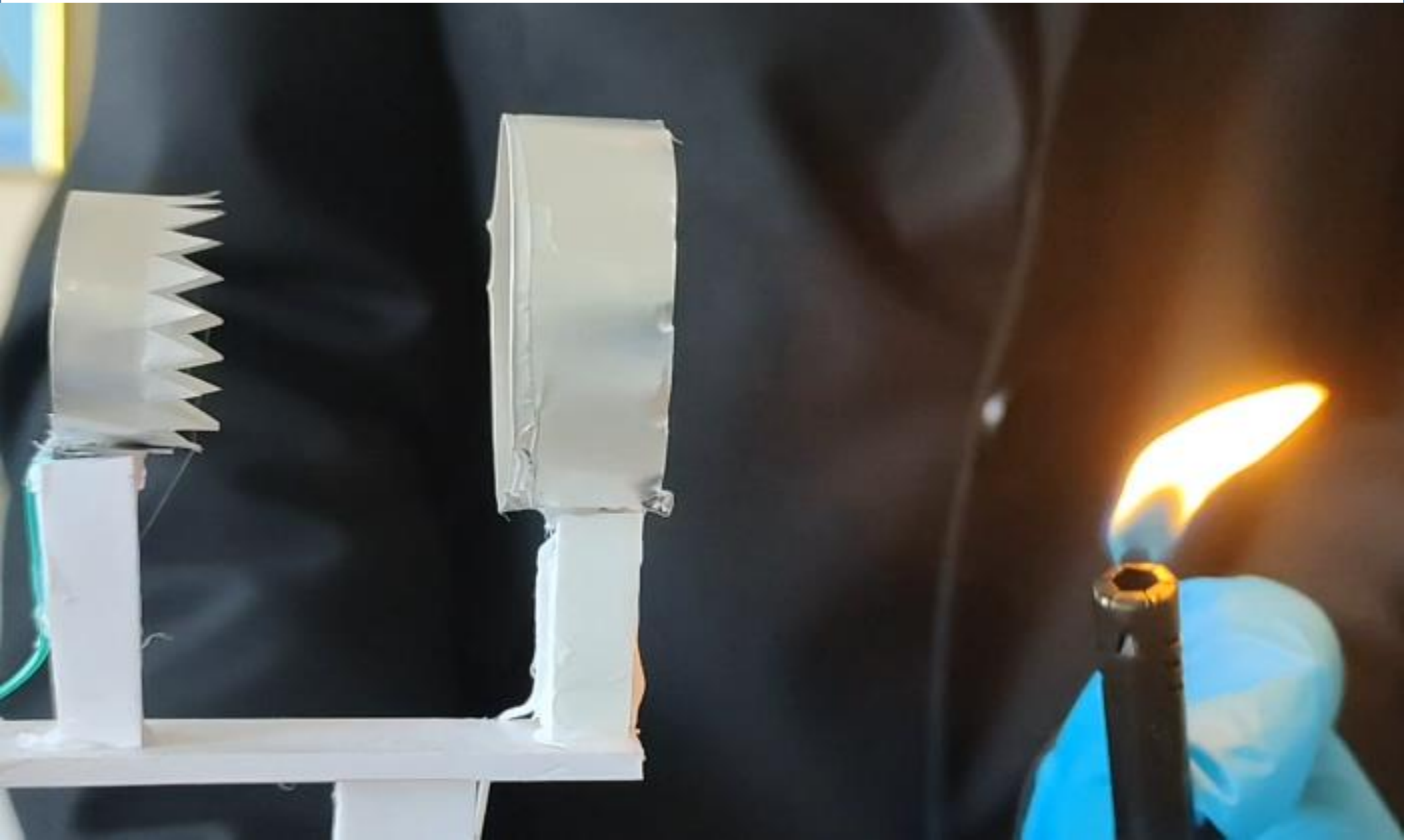
# 12. ПРАКТИКАЛЫҚ БӨЛІМІ

Иондық қозғалтқыш моделін сынап көру кезеңдері.



# 13. ПРАКТИКАЛЫҚ БӨЛІМІ

Иондық қозғалтқыш моделін сынап көру кезеңдері.

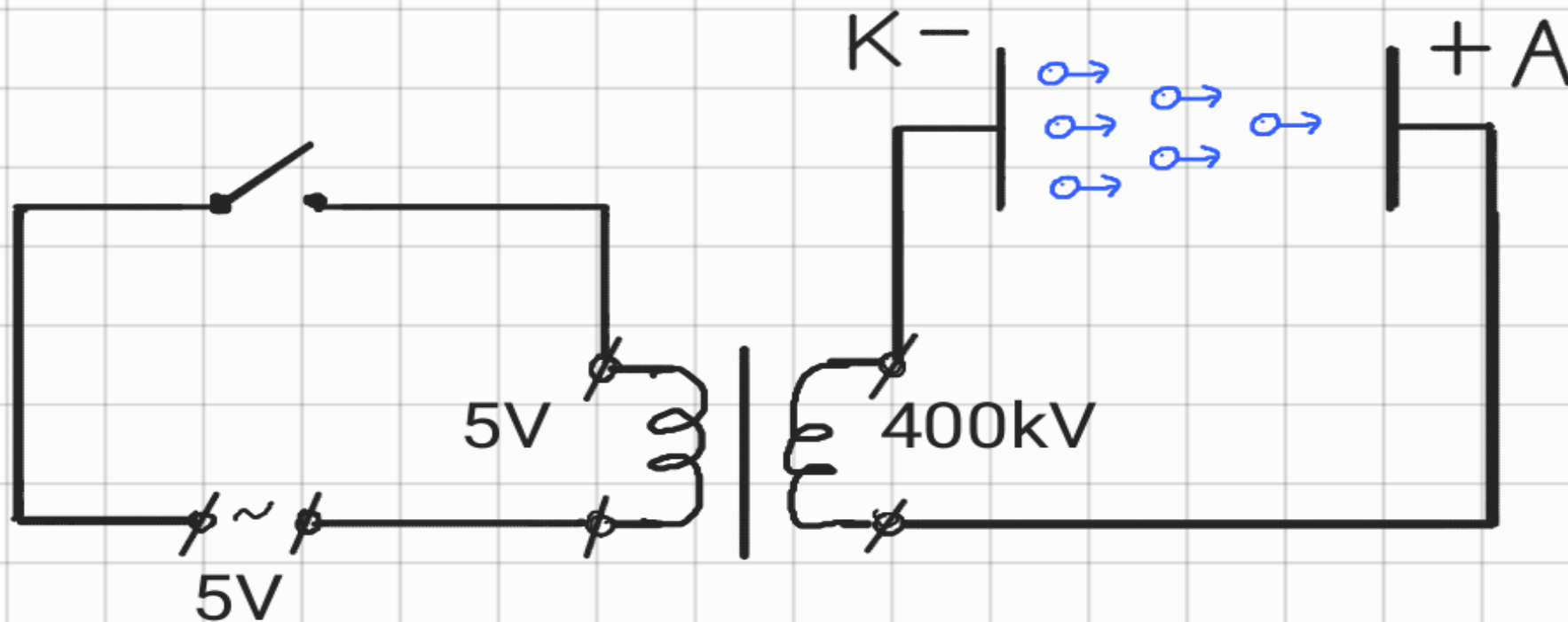




## 14. ПРАКТИКАЛЫҚ БӨЛІМІ

Макеттің схемасы берілген схемада көріп тұрғындарыңыздай 5 вольттік ток көзі ары қарай кіліт сосын ортада трансформатор тұр. Трансформаторға 5 вольтті кернеу кірген және 400000 вольт көзі шыққан. Катод теріс ал анод оң зарядталған. Катодтан анодқа қарай жоғары кернеудің арқасында электрондар ұшып шыға бастайды сол электрондар ұшып шыққаннан кейін жолда кездескен ауаныда бірге алып кетіп ионды желді тудырады.

### Макеттің схемасы





# 15. ПРАКТИКАЛЫҚ БӨЛІМІ

Практикамызды жүргізу кезінде соңғы есептеулерге сүйене отыра мынадай мәндерді алдық

Қуаттағыш ток көзінің мәндері, 5 вольт, 2 ампер және 10 ваттан тұрады, яғни біз 10 ваттық ток көзін пайдаланып отырмыз

100-240 V ~ FREKUENSI 50-60 Hz 0.5 A  
OUTPUT/ВЫХОД: 9.0 V  $\approx$  1.67 A, 15.0 W or

Жасалған жұмыстарды QR-кодты сканерлеп GitHub парақшадан көре аласыз



Рычагтардың ұзындығы:  $R=25 \text{ см}=0.25 \text{ м}$

Айналым саны:  $N=10$

Айналу уақыты:  $t=12,78 \text{ с}$

Айналу периоды:  $T = \frac{t}{N} = \frac{12,48 \text{ с}}{10} = 1,248 \text{ с}$

Бұрыштық жылдамдық:  $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \cdot 3,14}{1,248 \text{ с}} = 5 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$

Айналу жылдамдығы:  $v = \omega \cdot R = 5 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \cdot 0.25 \text{ м} = 1,25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Есептеулер нәтижесінде рычагтың айналу жылдамдығы  $1,25 \text{ м/с}$  болды.

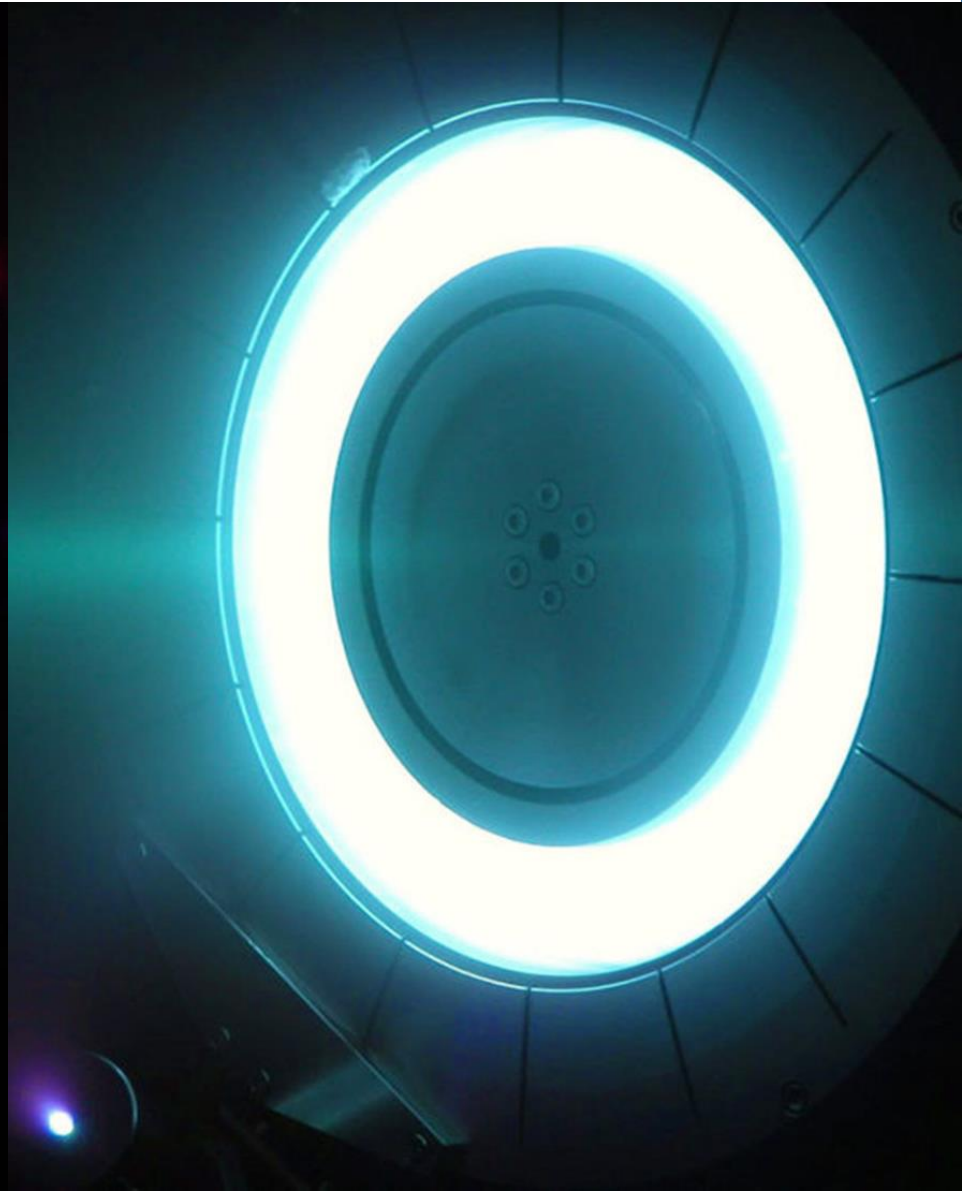
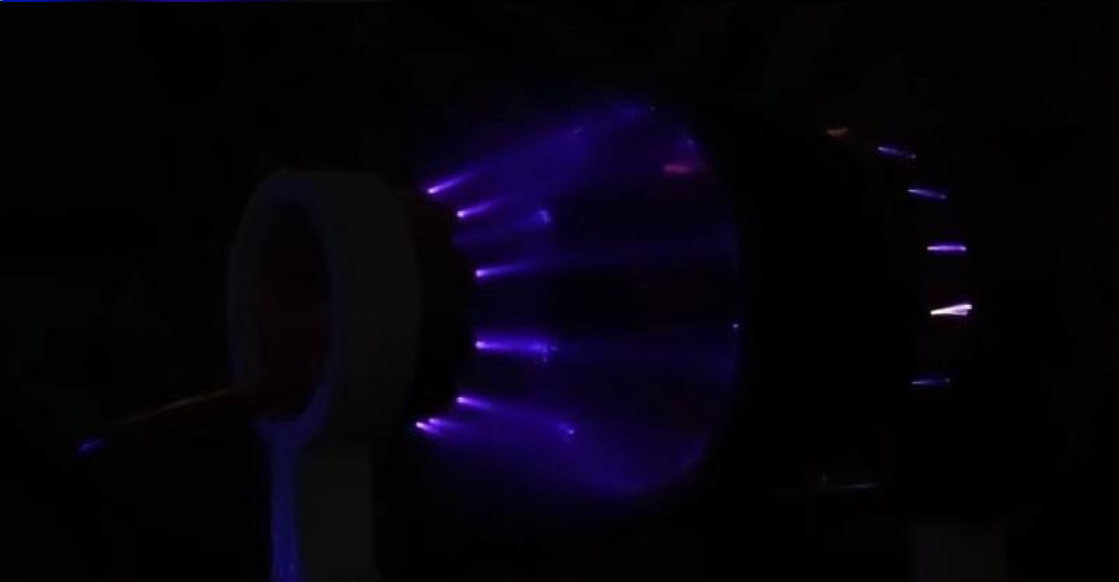
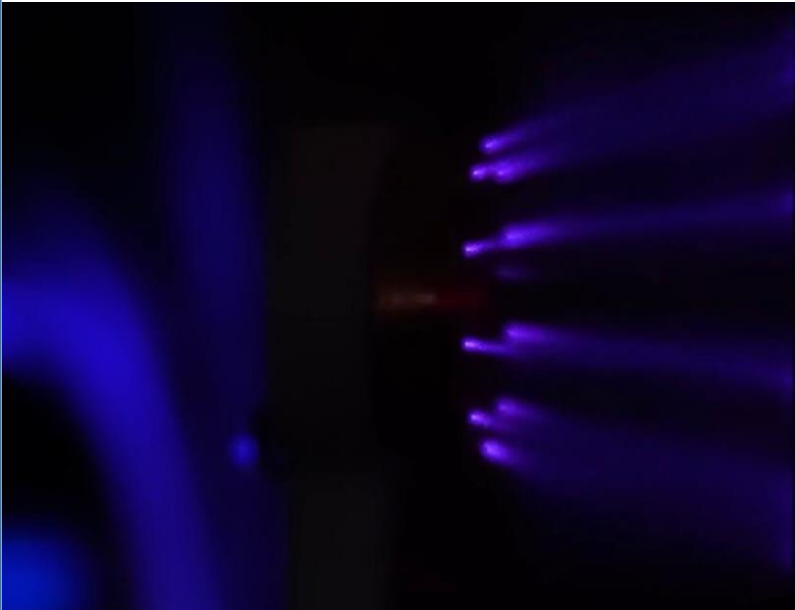
## 16. Маңызды және қызықты мәліметтер

### **Плазманың және озон газының пайда болуы:**

Моделді жасау барысында ионды қозғалтқыш шығаратын плазманың болатынын бақылады. Бұл иондау процесі кезінде газдың электр өрісі арқылы үдеуінің нәтижесінде пайда болатын визуалды эффект. Плазма – газдың иондалған күйі, онда атомдар мен молекулалар электрондарын жоғалтып, оң зарядталған иондарға айналады, ал еркін электрондар бос кеңістікте қозғалады. Электр өрісінде үдеген иондар мен электрондар соқтығысу нәтижесінде жарқырау тудырады, бұл жарқырау қараңғыда жақсы көрінеді. Смартфон камерасы бұл құбылысты толығымен жеткізе алмайды! Плазмамен қатар ауаны иондау нәтижесінде озон газын бөліп шығаратыны сезілді, демек біз осы компоненттер арқылы озонаторды өзіміз қолдан жасасақта болады. Озонатор – бұл озон ( $O_3$ ) газын тудыратын құрылғы. Озон – оттегінің үш атомынан тұратын химиялық қосылыс, табиғатта көбінесе жер атмосферасында кездеседі. Озонаторлар әртүрлі мақсаттарда қолданылады, мысалы, ауа немесе суды зарарсыздандыру, дезодорациялау және залалсыздандыру, негізі озон газы көп мөлшерде болса адам денсаулығына зиян. Қорғану мақсатында ауымызға маска, көзімізде арнайы қорғағыш көзілдірік сонымен қатар бөлме іші желденіп тұруы үшін міндетті түрде терезелер ашық болуы қажет. Зеріттеу нәтижесінде экспериментімізден бөлінетін озон газының дозасы аз болғандықтан адам денсаулығына қатты зиян әсері жоқ, сонда да қауіпсіздік ережелерін сақтаған жөн!

## 17. Маңызды және қызықты мәліметтер

Макеттің плазмасы және ионды қозғалтқыштың плазмасы бір-біріне өте ұқсас



## 18. Қауыпсіздік ережелерін сақтау



Ионды қозғалтқыштың макетін жасаған кезде плазма мен озон газының бөлінуі, сондай-ақ жоғары кернеулі ток көзімен жұмыс жасау қауіпті болуы мүмкін. Сондықтан қауіпсіздік ережелерін қатаң сақтау қажет. Төменде осы процестер кезінде назар аударылатын қауіпсіздік шараларының тізімі берілген:

- 1. Жоғары кернеулі ток көздерімен жұмыс.** Жоғары кернеу кезінде жұмыс істегенде диэлектрлік қорғаныс қолғаптары мен резеңке табанды аяқ киім киіңіз. Бұл сізді электр тогынан қорғайды. Құрылғыны өзгерту, тексеру немесе параметрлерін орнату қажет болса, алдымен барлық электр көздерін өшіріңіз. Электр тогы жүріп жатқанда құрылғыны ашу немесе өзгерту өте қауіпті.
- 2. Плазма пайда болған кезде.** Плазма пайда болған кезде жабық кеңістікте жұмыс жасаңыз. Плазмадан шығатын ультракүлгін сәулелер көзге зиянды болуы мүмкін. Сондықтан құрылғыны тікелей қараудан аулақ болыңыз немесе қорғаныс көзілдіріктерін қолданыңыз.
- 3. Озон газының бөлінуі. Желдету жүйесі:** Озон газы плазманың пайда болу процесінде бөлінуі мүмкін. Озон газын көп мөлшерде дем алу зиянды. Сондықтан құрылғы орналасқан бөлмені жақсы желдету керек немесе ауа тазалағыш жүйесін пайдалану қажет. Жабық беттерде: Егер желдету жеткіліксіз болса, озоннан қорғану үшін респиратор немесе арнайы бетперде кию қажет. Уақыттық шектеу: Озон газының бөліну деңгейін төмендету үшін құрылғыны ұзақ уақыт пайдаланбауға тырысыңыз. Керек емес кезде құрылғыны өшіріңіз.

## 19. Жанама экономикалық әсерді бағалау

Жанама экономикалық әсерді бағалау Бұл қозғалтқышты ғарыш кеңістігінде жылжу үшін қолдану күн жүйесін зерттеуде химиялық қозғалтқыштармен салыстырғанда артықшылықтарға ие. Химиялық қозғалтқыштар да планетааралық ғарыш аппараттарында қолданылады, бірақ оларды өндіру және жобалау қымбатқа түседі: – арзан құрылыс материалдарын қолдану, – құрылымның қарапайымдылығы және қозғалтқыштың жұмыс денесін арзан пайдалануы. Осы артықшылықтар химиялық қозғалтқыштармен салыстырғанда күн жүйесін зерттеудің арзан әдісін ұсынады. Осындай мүмкіндіктер арқылы шетелдік және отандық ғарыш аппараттарында бұл қозғалтқышты планетааралық сапарлар үшін қолдануға қызығушылық туындауы мүмкін. Мұндай қозғалтқышты тек планетааралық сапарлар үшін қолдану тиімді емес, өйткені планеталарды зерттеу ғылыми сипатқа ие және тікелей пайда әкелмейді. Оны ғарыш аппараттарында марштық қозғалтқыш ретінде қолдану тиімді. Бұл байланыс, зондтау және навигациялық спутниктерді жердің орбитасына арзан шығару мүмкіндігін береді. Бұл қозғалтқышты енгізу арқылы келесі артықшылықтарға қол жеткізуге болады: – күн жүйесінің планеталарын арзан әдіспен зерттеу; – әмбебаптық (планетааралық аппараттарда және әртүрлі құрылғыларды орбитаға шығару үшін разгондық блоктарда қолдану).

## 20. Пайдалы әсер коэффициентін есептеу

Қозғалтқыштың пайдалы әсер коэффициентін (ПӘК,  $\eta$ ) есептеу үшін қозғалтқыштың негізгі параметрлерін толық есептеп шығарамыз. Бізде келесі мәліметтер бар:

- Арнайы импульс:  $J_{\text{уд}} = 30,000 \text{ м/с}$ ;
- Қозғалтқыштың жұмыс істеу уақыты:  $\tau = 24,902.3612 \text{ сағат}$ ;
- Қозғалтқыштың разряд тогы:  $I_p = 0.12489 \text{ А}$ ;
- Разряд кернеуі:  $U_p = 270,739 \text{ В}$ ;
- Қозғалтқыштың разряд қуаты:  $N_{p(\text{дв})} = 33,812.60343 \text{ Вт}$ ;
- ПӘК:  $\eta = 0.73285$  немесе  $73.285\%$ .

### 1. ПӘК формуласы

Пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК) жалпы энергияға қатысты пайдалы энергияны анықтайды. Яғни, ПӘК қозғалтқыштың шығарған пайдалы энергиясының жалпы электр энергиясына қатынасы арқылы есептеледі:

$$\eta = \frac{E_{\text{пайдалы}}}{E_{\text{жалпы}}}$$

Мұндағы:

- $E_{\text{пайдалы}}$  – пайдалы энергия (иондардың кинетикалық энергиясы);
- $E_{\text{жалпы}}$  – қозғалтқышқа берілген жалпы электр энергиясы.



# 21. Пайдалы әсер коэффициентін есептеу

## 2. Жалпы энергияны (Ежалпы) есептеу

Жалпы энергия қозғалтқышқа берілетін электр энергиясынан тұрады. Ол қозғалтқыштың электрлік қуаты мен жұмыс істеу уақытының көбейтіндісі арқылы анықталады:

$$E_{\text{жалпы}} = N_{\text{р(дв)}} \times t$$

Мұндағы:

- $N_{\text{р(дв)}} = 33,812.60343$  Вт – разряд қуаты;
- $t = 1$  секунд (қысқа уақыт аралығын аламыз, себебі ПӘК қуат арқылы есептеледі).

Жалпы энергия:

$$E_{\text{жалпы}} = 33,812.60343 \text{ Дж}$$

## 3. Пайдалы энергияны (Епайдалы) есептеу

Пайдалы энергия қозғалтқыш арқылы шығарылған иондардың кинетикалық энергиясы болып табылады. Оны арнайы импульс пен разряд қуаты арқылы табуға болады:

$$E_{\text{пайдалы}} = N_{\text{пайдалы}}$$

Бұл жағдайда пайдалы энергия  $N_{\text{р(дв)}}$ -дан алынғандықтан, ол разряд қуатына тең болады:

$$E_{\text{пайдалы}} = 33,812.60343 \text{ Дж}$$



## 22. Пайдалы әсер коэффициентін есептеу

### 4. ПӘК-ті есептеу

Енді ПӘК-ті есептеу үшін пайдалы және жалпы энергияны салыстырамыз:

$$\eta = \frac{E_{\text{пайдалы}}}{E_{\text{жалпы}}} = \frac{33,812.60343 \text{ Дж}}{33,812.60343 \text{ Дж}} = 0.73285$$

Нәтижесінде:

$$\eta = 0.73285 \text{ немесе } 73.285\%$$

Алынған мәндер бойынша толық  
ақпараты көргіңіз келсе  
Qr-кодты сканерлеп яндекс дисктен оқи  
аласыз



## 23. Қорытынды

Ионды қозғалтқыш – ғарыштық технология саласындағы нағыз инновациялық жетістік, оның болашағы шексіз мүмкіндіктерді ашуға бағытталған. Бұл қозғалтқыштың басты ерекшелігі – ғарыш кеңістігінде ұзақ уақыт бойы минималды жанармай шығынымен жоғары жылдамдыққа жету қабілеті. Қазіргі заманғы химиялық қозғалтқыштармен салыстырғанда, ионды қозғалтқыштар әлдеқайда тиімді, себебі олар өте аз отынмен ғарыш кемелерін жылдамдатуға мүмкіндік береді. Бұл қозғалтқыштар ұзақ ғарыштық миссиялар, соның ішінде алыс планеталарға ұшып жету және ғарыштық барлау жұмыстары үшін өте қолайлы құрал болып табылады. Біз жасаған ионды қозғалтқыштың макеті – осы технологияның жұмыс істеу принциптерін зерттеу мен түсіндіру үшін маңызды құрал. Макет арқылы нақты ғарышқа ұшу мүмкін емес болғанымен, оның ғылыми және инженерлік құндылығы зор. Оқушылар бұл макет арқылы ионды қозғалтқыштың негізгі жұмыс механизмдерін оңай түсінеді, осылайша күрделі физикалық процестерді қарапайым тілде түсіндіріп беруге болады. Иондау процесі, иондардың жеделдетілуі және қозғалысқа айналуы сияқты маңызды принциптерді көрсету арқылы болашақ ғалымдар мен инженерлерге жаңа көкжиектер ашылады. Біздің жоба тек теориялық емес, практикалық дағдыларды да жетілдіруге бағытталған.

## 24. Қорытынды

Макетті жасау барысында оқушылар инженерияның түрлі аспектілерін игеріп, өздерінің техникалық дағдыларын дамытады. Бұл оқушылар үшін тек сабақ қана емес, олардың ғылымға, ғарышқа деген қызығушылықтарын арттыратын үлкен мотивациялық құрал. Осының нәтижесінде, оқушылар тек қана теориялық білім алып қана қоймай, инженерия саласында нақты тәжірибе жинақтап, болашақта күрделі жобалармен жұмыс істеуге дайын болады. Айта кететін тағы бір маңызды жайт – бұл жобаны жүзеге асырудың экономикалық тиімділігі. Ионды қозғалтқыштың макетін жасау көп қаражатты қажет етпейді. Біздің есептеулер бойынша, ең қажетті компоненттерге шамамен 2000 теңге көлемінде ғана шығын қажет болады. Бұл кез келген оқушы немесе мектептің ғылыми жобаларды жүзеге асыруына мүмкіндік беретін қолжетімді және тиімді шешім. Қорытындылай келе, біз жасаған ионды қозғалтқыш макеті – бұл ғылыми мақтануға тұрарлық жоба. Ол инженерлік дағдыларды дамытуға, ғылымға деген қызығушылықты арттыруға және оқушылардың болашақтағы үлкен жетістіктерге жетуіне жол ашады. Ғарыш кеңістігін игеруге арналған болашақ зерттеулер мен миссиялар үшін осындай макеттер алғашқы қадам бола алады. Ионды қозғалтқышты зерттеу арқылы оқушылар тек бүгінгі ғылымның жаңалықтарын біліп қана қоймай, өздерін ертеңгі болашақ ғарышкерлер, ғалымдар және инженерлер ретінде көре бастайды.