

**МБОУ «Лицей современных технологий управления № 2» г. Пенза**

**ИОНОЛЕТ. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДЪЕМНОЙ СИЛЫ ИОНОЛЕТА**

**Автор:** Никита Исхаков Валерьевич

10 «Г» класс, МБОУ ЛСТУ № 2 г. Пензы

**Научный руководитель:** учитель физики

МБОУ ЛСТУ № 2 г. Пензы

Кистенев Александр Сергеевич

**Пенза - 2015**

## Содержание

- Ионолет.....03
- Теоретические основы работы устройства.....03
- Сборка платы ионного генератора, технические данные, технология изготовления.....04
- Маршрутная карта изготовления «Ионолета».....06
- Исследование подъемной силы ионолета. Предварительные эксперименты.....11

## **Ионолет**

Экспонат «Ионолет» наглядно демонстрирует основные законы физики (Закон Кулона и закон сохранения импульса) и представляет собой левитирующий конденсатор треугольной конфигурации с источником высоковольтного преобразователя.

Ионолет реализует средства левитации объекта исключительно силой электричества (рис.1.1). Тяга создается реактивными силами ионного ветра. Это явление станет прекрасным средством транспортировки, и средства передвижения смогут перемещаться в среде, практически лишенной трения.



Рис. 1.1. Ионолет.

Построение устройства требует минимального опыта в области электроники и электронного конструирования, а также достаточного терпения и аккуратности при изготовлении. Проект представлен в двух частях, описывающих ионный источник питания устройства, который является генератором ионов, и сам подъемный аппарат.

### **Теоретические основы работы устройства.**

Следующие уравнения описывают движение, которое достигается в результате реактивного движения объема воздуха, ускоренного электрическим зарядом.

Тонкий, положительно заряженный проволочный эмиттер помещен в область заряда, которая находится вблизи гладкой, притягивающей поверхности. Максимальная сила тяги достигается при условии, что как можно большая масса воздуха движется как можно быстрее в заданный интервал времени. Это описывается следующим выражением:

$$\text{Сила тяги} = mv/t,$$

Где  $m$ - масса воздуха,  $v$ - скорость,  $t$ -время.

$$\text{Эффективность} = mv/t \times 1/2 mv^2 / t = 2/v.$$

Таким образом, эффективность обратно пропорциональна скорости воздуха, поэтому рационально использование больших масс воздуха при малых скоростях.

Известно, что молекулы и ионы воздуха обладают эластичными свойствами при столкновении на малых скоростях, то есть ведут себя как упругие тела, подобно бильярдным шарам. Высокие скорости имеют тенденцию вызывать разделение молекул, которое приводит к вторичной ионизации и потому крайне нежелательно.

Вторичная ионизация вызывает уменьшение реактивного эффекта, то есть подъемной силы, из-за изменения направления движения теперь уже обладающих противоположными зарядами частиц. Поэтому весьма важно перемещать как можно большую массу воздуха при низких скоростях или энергиях, тогда при максимальном количестве эластичных столкновений будет наблюдаться минимальное количество распадов молекул и процессов вторичной ионизации.

Подъемному аппарату потребуется высокое напряжение постоянного тока при сравнительно малом токе нагрузки.

**Сборка платы ионного генератора, технические данные,**

## ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ.

При монтаже платы придерживайтесь такой последовательности:

1. Разложите компоненты по номиналам и назначению (отдельно резисторы, конденсаторы и т.д.) и сверьте их со спецификацией (см. табл. 1.1). Обратите внимание, что в спецификации номиналы постоянных резисторов также указаны в кодировке цветом.
2. Из заготовки вырежьте макетную плату с сеточной перфорацией толщиной 2,5 мм и размерами 12,19x7,37 см (4,8x2,9 дюйма). Ориентируйтесь по координатам пересечения вертикального и горизонтального ряда, показанным на рис. 1.3, и вашей печатной платы для нахождения отверстия для просверливания монтажных отверстий. Определив местонахождение каждого монтажного отверстия, просверлите их, в том числе продольную прорезь для установки Т1. Вставьте компоненты, начиная с левой стороны макетной платы с перфорацией, идите слева направо, используя отверстия большого диаметра как ориентир.

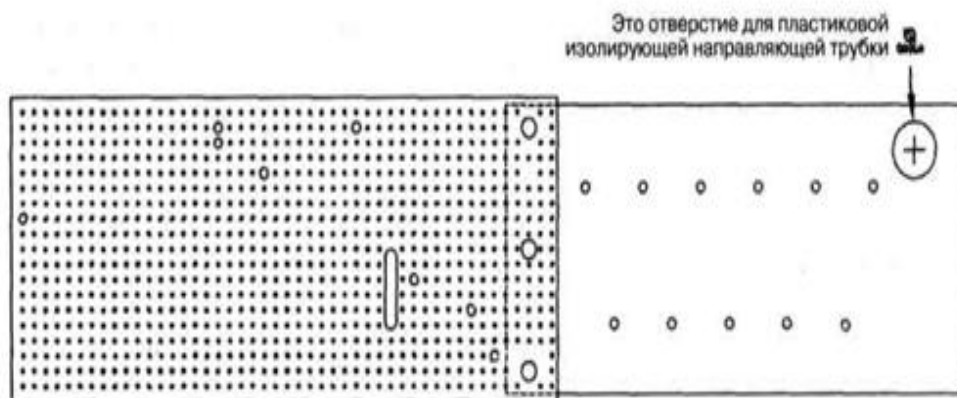


Рис. 1.3. Сборка ионного генератора из макетной и изоляционной платы

3. Изготовьте металлический теплоотвод для транзистора Q1 в виде скобы из платины алюминия размером 3,8x1,9 см (1,5 x 0,75 дюйма), как показано на рис.1.4.

4. Соберите катушку индуктивности L1.
5. Если вы используете перфорированную плату, вставьте компоненты, начав с нижнего левого угла, как показано на рис. 1.5 и 1.6. Обратите внимание на правильность установки полярных конденсаторов: около положительного вывода на корпусе стоит знак «+», и аналогично, около анода полупроводникового диода – знак «+» или «\*». Всегда вывод 1 находится слева от ключа. Соедините компоненты, как показано, припаивая по мере соединения, неиспользуемые провода отрезайте. По мере хода провода используйте определенные контакты или куски провода шины #22. Следуйте пунктирной линии на сборочном чертеже, она показывает соединения на обратной стороне платы. Толстая пунктирная линия показывает использование более толстого провода шина #22, это цепь разряда и соединения для заземления. На рис. 1.7а и 1.7б дан вид платы в более крупном масштабе.

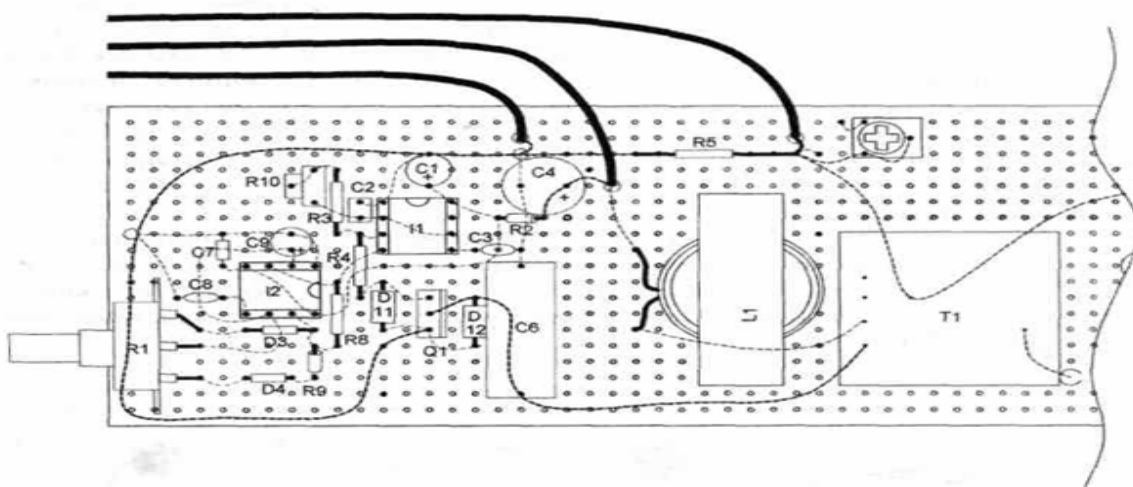


Рис. 1.7а. Макетная плата в масштабе 2:1 и внешние подключения

Разрежьте и склейте части, изображенные на рис. 7а и 7б, вместе.

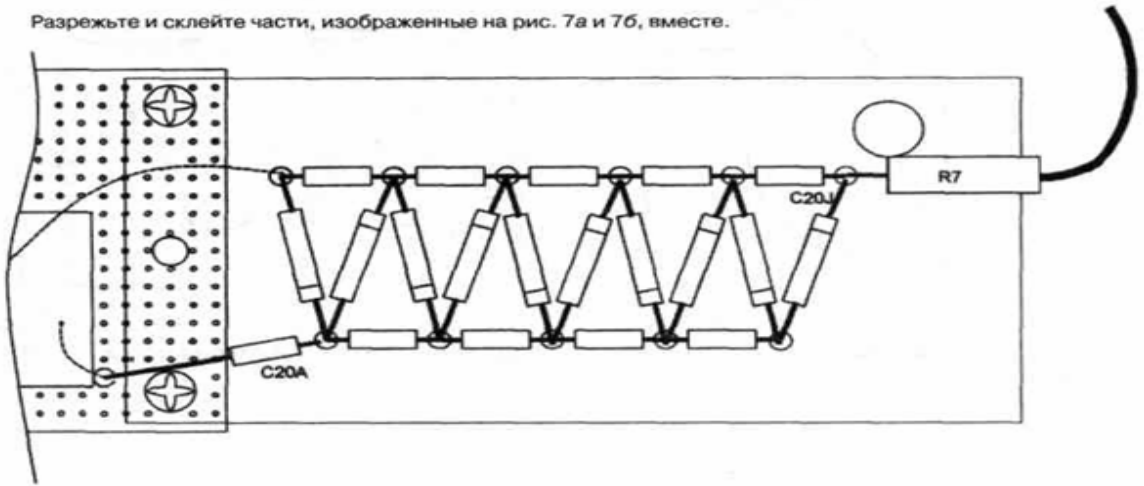


Рис. 1.76. Изоляционная плата в масштабе 2:1 и внешние подключения

2-Удивительные электронные устройства

6. Подсоедините внешние провода, как показано выше. Конструкция искрового разрядника, изготовленного из кусков провода #20, показана на рис.1.6. Это предотвращает повреждение компонентов схемы от высокого напряжения при использовании соединений с малой нагрузкой или без нее. Схема не предназначена для работы при длительном разряде и при его возникновении индицирует отсутствие нагрузки или слишком малую нагрузку.

7. Изготовьте швеллер из пластика толщиной 0,15 см. Прикрепите его к плате, приклейте углы силиконовым клеем. Вы можете также поместить устройство в пластмассовую коробку нужного размера, как показано на рис. 1.8 и 1.9. Более простой вариант чехла, который не включает измеритель M1, показан на рис.1.10.

### Маршрутная карта изготовления «Ионолета»

№ операции	Наименование операции	Описание операции	Наименование оборудования	Временные	Примечания

ац ии			вания	труд озат раты	инстр умент
00 1	Сборка платы ионного генератор а.	<p>1. Разложите компоненты по номиналам и назначению (отдельно резисторы, конденсаторы и т.д.) и сверьте их со спецификацией (см. табл. 1.1).</p> <p>2. Из заготовки вырежьте макетную плату с сеточной перфорацией толщиной 2,5 мм и размерами 12,19x7,37 см (4,8x2,9 дюйма).</p> <p>3. Изготовьте металлический теплоотвод для транзистора Q1 в виде скобы из платины алюминия размером 3,8x1,9 см (1,5 x 0,75 дюйма), как показано на рис.1.4.</p> <p>4. Соберите катушку индуктивности L1 (см.рис.1.4).</p> <p>5. Если вы используете перфорированную плату, вставьте компоненты, начав с нижнего левого угла, как показано на рис. 1.5 и 1.6.</p> <p>6. Подсоедините внешние провода, как показано выше.</p>			



		<p>Конструкция искрового разрядника, изготовленного из кусков провода #20, показана на рис.1.6.</p> <p>7. Изготовьте швеллер из пластика толщиной 0,15 см. Прикрепите его к плате, приклейте углы силиконовым клеем.</p>			
00 2	Порядок наладки устройств а.	<p>1. Установите ось переменного сопротивления R1 на среднее значение, а переменное сопротивление R10 - на максимальное поворотом оси до упора по часовой стрелке. Установите искровой разрядник на величину зазора от 2,5 до 3 см, как показано на рис. 1.9.</p> <p>2. Возьмите высоковольтный резистор номиналом 25 МОм 20 Вт. Он будет служить эквивалентом нагрузки. При отсутствии резистора такого номинала вы можете изготовить его аналог, соединяя последовательно 25 резисторов номиналом 1 МОм 1Вт, надев</p>		1 час	Программа Тефлекс

		<p>на них затем пластиковую трубку. Запечатайте концы трубки силиконовым клеем.</p> <p>3. Возьмите источник питания постоянного тока 12В, 3 А или заряжаемую аккумуляторную батарею.</p> <p>4. Подсоедините к выходу ионного генератора резистор нагрузки в 25 МОм. Подключите щуп осциллографа, установленный на предел 100 В, и развертку 5 с к стоку Q1 для наблюдения формы сигнала по мере изменения R1.</p> <p>5. Включите питание и добейтесь вращением оси переменного сопротивления R1 формы сигнала, соответствующей показанной на рис. 1.2.</p> <p>6. Поворачивайте ось переменного сопротивления R10 против часовой стрелки и наблюдайте, как входной ток плавно снижается почти до нуля.</p>			
00 3	Сборка аппарата.	<p>1. Подготовьте следующие материалы:</p> <p>- пластинки из дерева бальза</p>			

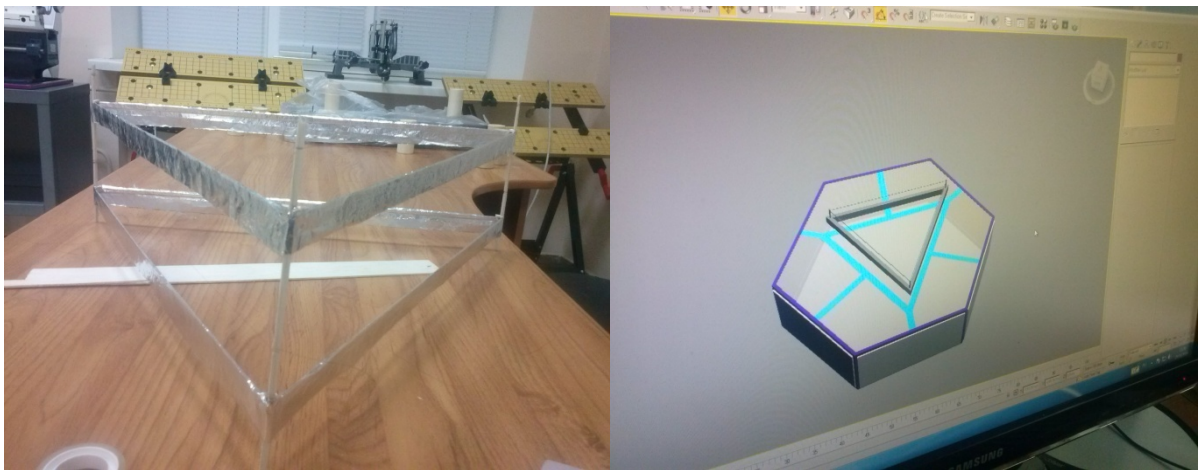
		<p>2x6 мм<sup>1</sup>;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- магнитную медную проволоку диаметром 0,76 мм (калибра 30) с изоляционной эмалью для выводов высокого напряжения;</li> <li>- проволоку из нержавеющей стали диаметром 1,07-1,12 мм (калибра 42-44) - для проволочной короны в спецификации;</li> <li>- алюминиевую фольгу;</li> <li>- один тюбик суперклея;</li> <li>- нож;</li> <li>- упаковку скотча.</li> </ul> <p>2. Вырежьте бальзовые опоры (рис. 1.12). Сначала разрежьте бальзовые пластинки пополам и таким образом получите пластинки 2x3 мм. Нарежьте из них два набора: один набор из трех опор по 20 см длиной, другой - из трех опор по 11 см длиной. Срежьте края каждой опоры из первого набора по 20 см под углом, чтобы затем их можно было приклеить под углом к опорам второго набора по 11</p>			
--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--

	<p>см. Угол среза должен быть около <math>30^\circ</math>, срезать края надо на одной стороне пластинки.</p> <p>3. Соберите бальзовые опоры (рис. 1.13). Пометьте верхушку каждой полоски длиной 11 см, чтобы вам легче было ориентироваться, где верх, и поставьте отметку на расстоянии 4 см от нижней точки.</p> <p>4. Завершите сборку каркаса (рис. 1.14). Склейте вместе три опоры каркаса подъемного аппарата с использованием суперклея, как в предыдущем пункте.</p> <p>5. Отрежьте полосу алюминиевой фольги (рис. 1.15) шириной 5 см и приблизительно 1 м длиной.</p> <p>6. Оберните фольгу вокруг каркаса (рис.1.16). Нанесите клей на деревянную полосу длиной 20 см и прижимайте, пока фольга не приклеится.</p> <p>7. Заверните края фольги вниз (рис. 1.17). Срежьте фольгу углов верхней части алюминиевой полосы, которая выступает на 1 см над опорой, и перегните</p>			
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--

		<p>фольгу через продольную опору на каждой стороне.</p> <p>8. Присоедините к фольге провод «земля» (рис. 1.18). Прodelайте маленькое отверстие в корпусе из фольги и пропустите через него провод, как это показано на рисунке.</p> <p>9. Присоедините проволочную корону ионного эмиттера (рис. 1.19). Примерно 3 см от верхней части фольги и в 2 см от вершины вертикальных опор оберните проволоку 2,8мм (калибр 40) вокруг всех трех опор и подсоедините к ней провод 2,1 мм (калибр 30), который будет подключен к источнику питания.</p>			
004	Держатель для анода (фиксатор)	Печать на 3D принтере.	3D принтер	1 час	Расходный материал для 3D принтера.

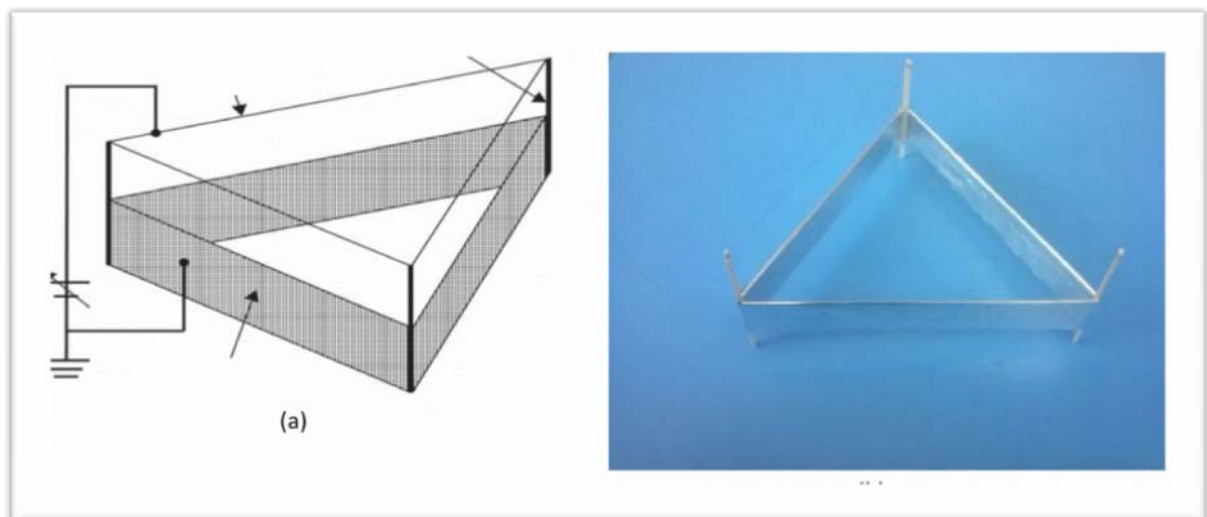
К данному проекту прикреплены исследования подъемной силы «Ионолета» которые находятся в приложении. Исследования проводились с различными конструкциями ионолетов, как по форме так и по размеру.





**Исследование подъемной силы ионолета. Предварительные эксперименты.**

Общая схема (а) и изображение экспериментального устройства (б).



**Параметры подъемника.**

Параметры лифтера	Данные
Ширина алюминиевой фольги	2 см
Длина стороны	21 см
Расстояние между медной проволокой и алюминиевой фольгой	3 см

Диаметр проволоки	0,13 мм
Толщина фольги	0,03 мм
Масса модели	1,79 г

Высоковольтный источник питания с изменяемой полярностью, показаниями напряжения и тока был подключен к модели. Соединение питания было сделано четырьмя различными способами

1) Медный провод был подключен к положительному выводу источника высокого напряжения, алюминиевая фольга была подключена к земле.

2) Медный провод был подключен к отрицательному выводу, алюминиевая фольга была подключена к земле.

3) Медный провод соединен с землей, алюминиевая фольга была соединена с положительным выводом высокого напряжения.

4) Провод меди подключен к земле, алюминиевая фольга была подключена к отрицательному выводу высокого напряжения.

	(1)		(2)		(3)		(4)	
	V(kV)	P(W)	V(kV)	P(W)	V(kV)	P(W)	V(kV)	P(W)
Стандартные характеристики	16.65	2.83	-17.64	3.18	20.19	6.66	-17.89	5.01
Минимальные характеристики	16.19	2.42	-17.41	2.96	18.72	4.31	-17.37	4.17

Были получены интересные результаты. Можно подумать, что если определенная полярность поднимет модель, противоположная полярность будет толкать его вниз. Результаты показали совсем другое. Различное напряжение по знаку вызывает движение в не зависимости от знака прикладываемого напряжения.



В каждой конфигурации были измерены минимальное напряжение и мощность необходимая для «взлета» ионолета.

### **Параметрические эксперименты**

Для более адекватных данных мной был построен лифтер с противоположным расположением рабочих электродов. В этой установке электрод с большей кривизной поверхности поместил вниз по отношению к электроду с малой кривизной поверхности. В результате, равнодействующая сил будет направлена вниз. Модель была расположена относительно цифровой шкалы. Было проведено несколько экспериментов с изменением расстояния между электродами с соответствующими замерах веса и напряжения.

	Медный провод	Расстояние между электродами	Ширина фольги	Высота Фольга
Модель	Толщина [мм]	Провода и фольги [см]	[см]	[см]
Левитирующий	0.133	3	21	2
1	0.133	Замена	26	3
2	0.133	2.5	26	Замена
Повышенная прочность	Замена	2.5	26	3.5

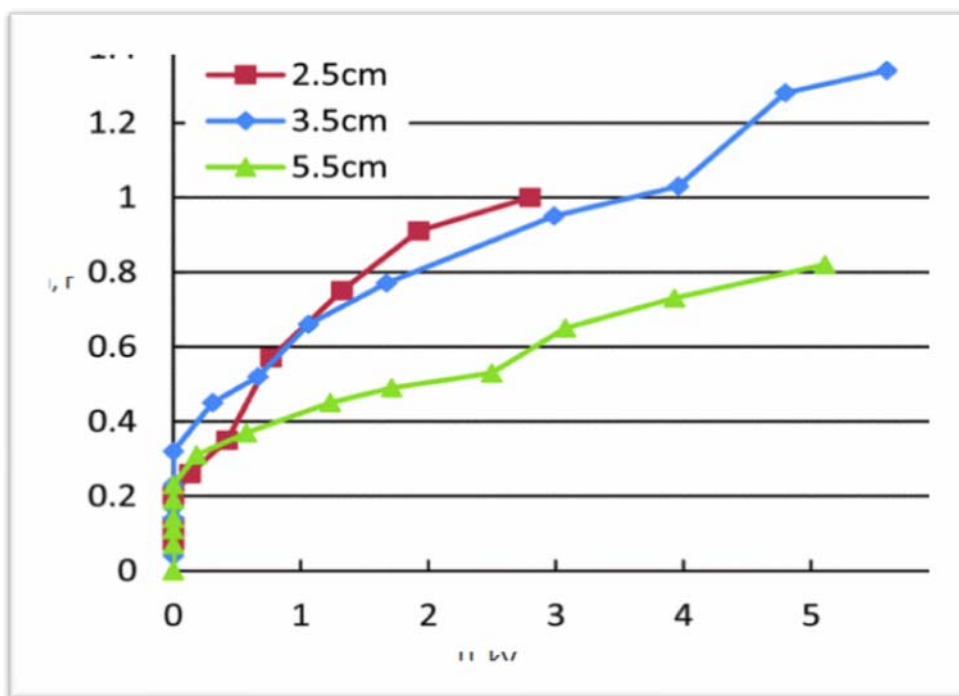
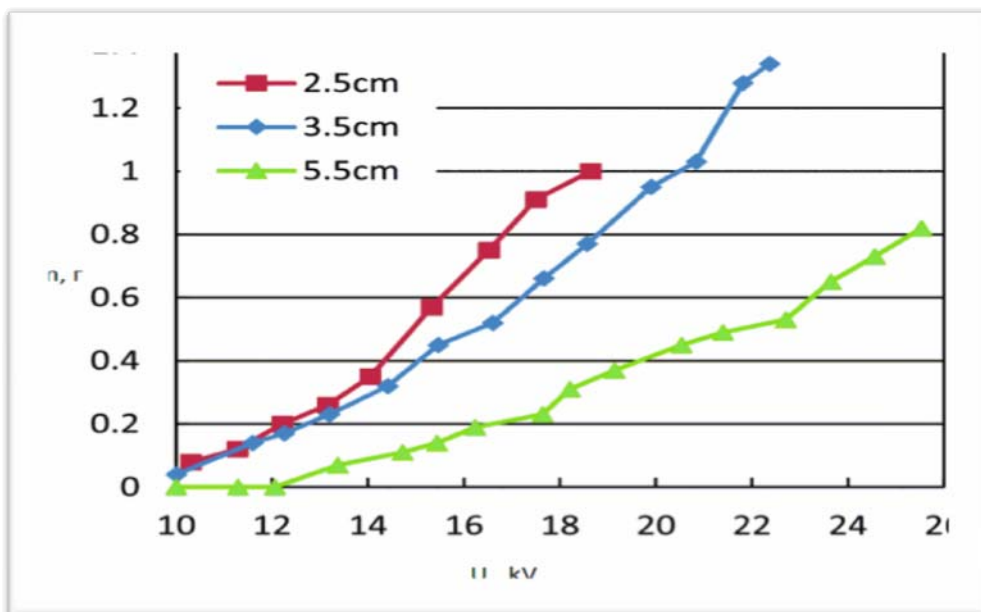
*Устройство с изменяемым значением расстояния между медной проволоки и фольгой.*



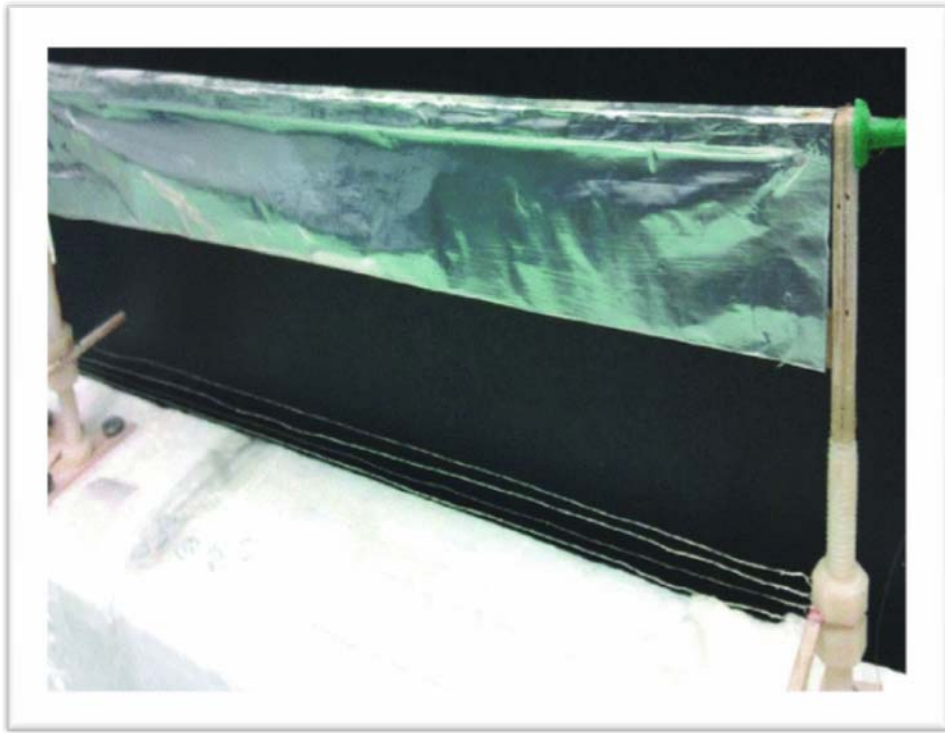
Первый эксперимент предназначен для проверки влияния зазора электродов на значение подъемной силы. Медный провод был подключен к положительному выводу источника высокого напряжения, алюминиевая фольга была подключена к земле, напряжение изменялось постепенно. Значения веса и силы тока заносились в таблицу измерений.

Результаты эксперимента оказались таковыми что при уменьшении расстояния между электродами до определенного значения увеличивалась подъемная сила и уменьшалась затраченная мощность, так же фиксировалось нарастание силы тока!

*Зависимость подъемной силы аппарата от напряжения для различных зазоров между медной проволокой (0,133 мм) и алюминиевой фольгой .*

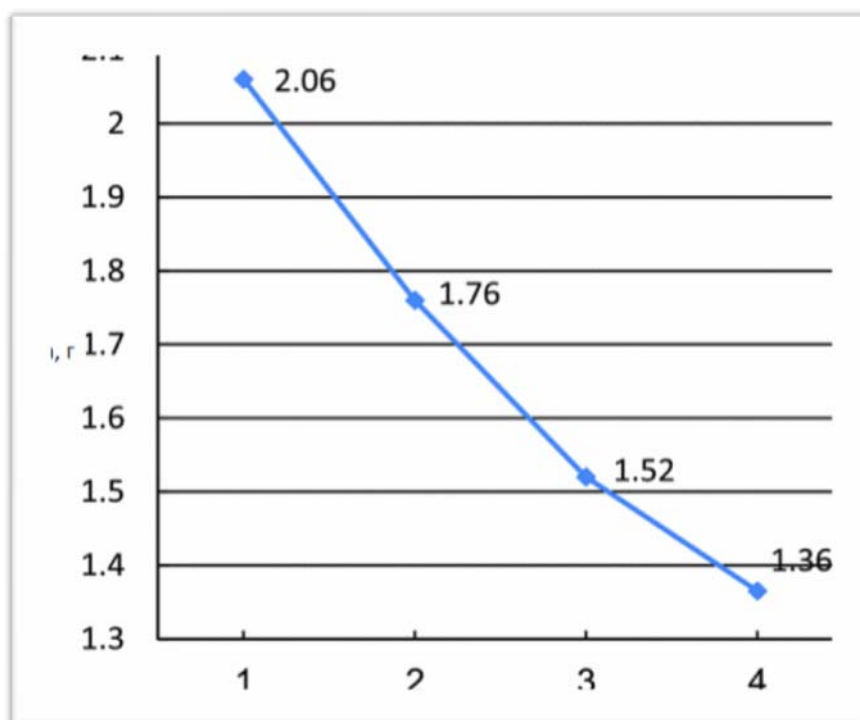
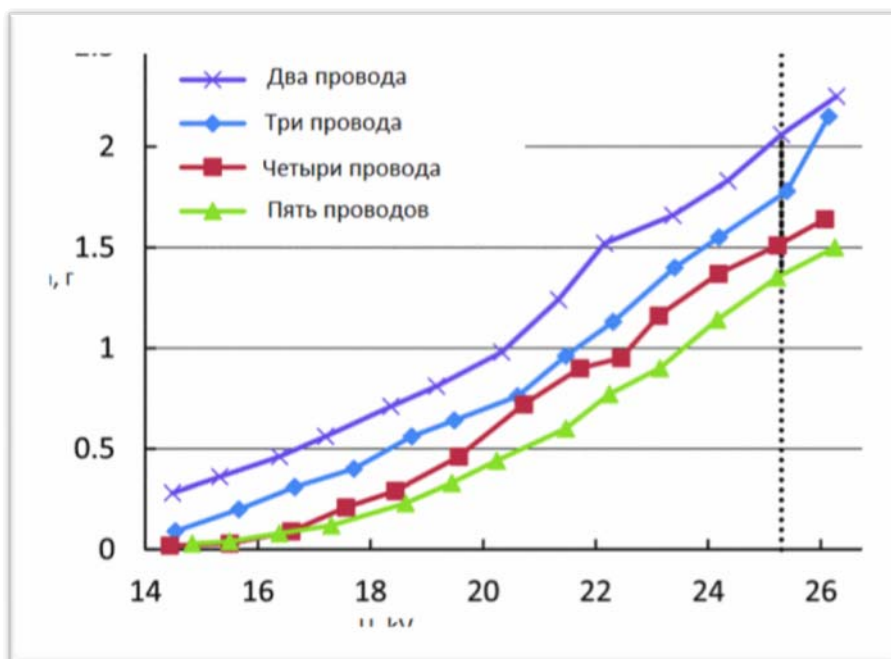


*Измерения параметров при организации нескольких проводов под электродом малой кривизной поверхности*



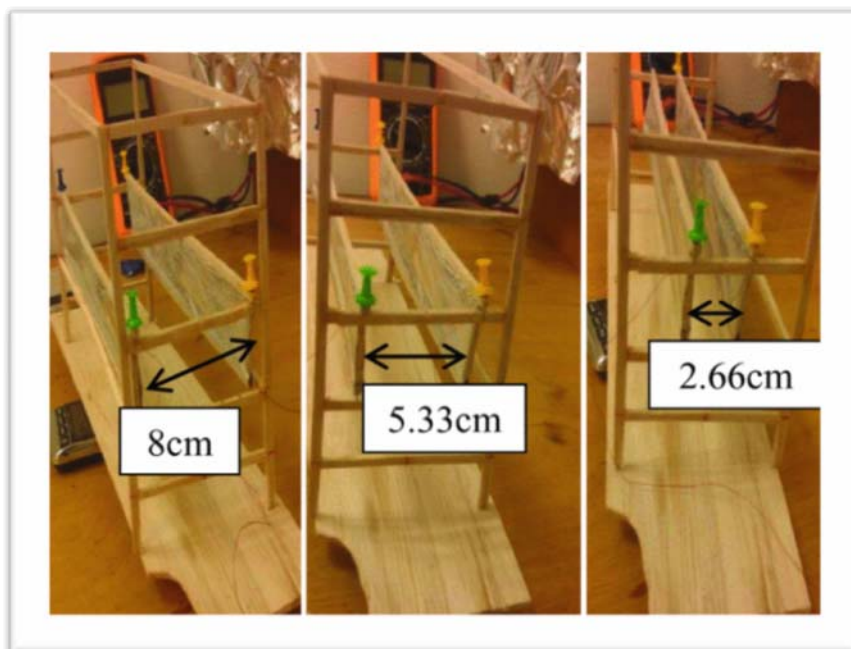
Следующий эксперимент предназначен для проверки влияния каждого электрода на генерируемую силу. Четыре медных провода с диаметром 0,133 мм были добавлены постепенно. Медные провода были подключены к положительному выводу источника высокого напряжения, алюминиевая фольга была связана с землей. Напряжение изменялось постепенно с последующей фиксацией подъемной силы и силой тока.

*Результаты эксперимента*



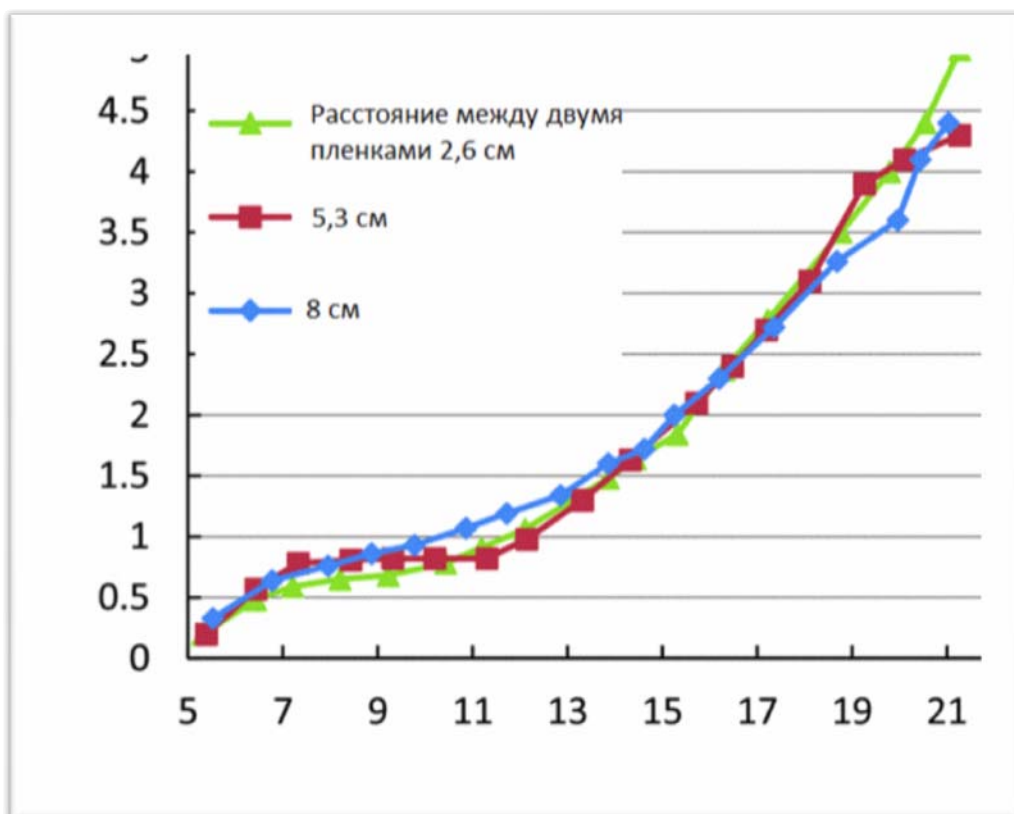
Следующий эксперимент является дополнением к предыдущему. Он предназначен для проверки влияния большого электрода на генерируемую силу. Четыре больших электрода были расположены близко друг к другу. Медный провод с толщиной 0,133 мм был отодвинут на расстояние в 2,5 см от большого. Этот провод был подключен к положительному выводу источника высокого напряжения. Изменяя напряжение в таблицу измерений заносились показания.

*Эксперименты показали – что чем больше пленок алюминиевой фольги тем больше развиваемая ионолетом подъемная сила.*



Так же видно из предыдущего рисунка для более адекватного измерения приходилось изменять расстояние между алюминиевыми электродами!

*Оказалось, что изменение расстояния между этими электродами практически не влияет на подъемную силу.*



Далее были построены конструкции примерно равного веса но разной площади верхнего (тонкого) электрода. С помощью весов измерялась подъемная сила и сила тока при одном и том же напряжении. Конструкции, которые использовались, представлены ниже.

Самая большая конструкция была в периметре около 3 метров.

