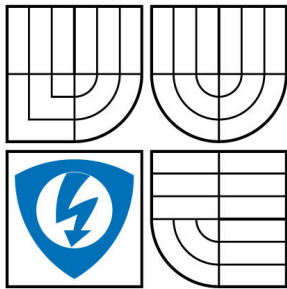


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

ŘEŠENÍ KONSTRUKČNÍCH POŽADAVKŮ NA EXPERIMENTY S LIFTRY

THE SOLUTION OF THE CONSTRUCTIONAL REQUIREMENTS ON THE EXPERIMENTS OF
LEFTERS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MICHAL BARTOŠ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

RNDr. VLADIMÍR ZDRAŽIL, Ph.D.

BRNO 2008

A n o t a c e

Levitace liftrů a s tím spojená problematika se opět po několika letech stala velmi diskutovanou a jejím řešením se zabývá mnoho univerzit nebo vědeckých institutů. I když během našich pokusů s tímto zařízením byly kladeny nemalé překážky, podařilo se poodkrýt principy a zákonitosti levitace liftrů v elektrostatickém poli. Díky vysokému napětí přivedenému na asymetrický kondenzátor (liftr) dojde k ionizaci díky které má liftr schopnost levitace.

Klíčová slova : liftr, levitace, asymetrický kondenzátor, elektrostatické pole, vysoké napětí

A b s t r a c t

A problems of levitation with a lifter in the elektrostatic field is nowadays modern course of propulsion trend. It was created many in research studies a many and many of research unit work on it . Brought high tension to the lifter (asymmetric condenser) causes ionizing between two of electrodes. This effect bring about levitation.

Keywords : lifter, levitation, ionizing, electrostatic field, high tension

Bibliografická citace

BARTOŠ, Michal. *Řešení konstrukčních požadavků na experimenty s líftry* .
Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních
technologií, 2008. s., příloh. RNDr. Vladimír Zdražil, Ph.D..

P r o h l á š e n í

„Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma " *Řešení konstrukčních požadavků na experimenty s lifty* " jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce (RNDr. Vladimír Zdražil, Ph.D.) a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

V Brně dne :

Podpis:

Poděkování

Děkuji tímto našemu vedoucímu bakalářské práce RNDr. Vladimíru Zdražilovi, Ph.D, dále RNDr. Pavlu Dobisovi, CSc, doc. Ing. Václavu Jirsíkovi, CSc.a doc. Ing. Lubomíru Grmelovi, CSc., díky kterým jsme mohli toto ukutečnit jako zadání bakalářské práce. Také bych chtěl poděkovat doc. RNDr. Františku Krčmovi, Ph.D. za umožnění a dozor při práci s vysokonapěťovým zdrojem.

V Brně dne :

Podpis:

OBSAH

1. SESTROJENÍ TESTOVACÍCH MODELŮ LIFTRU	10
1.1 Úvod.....	10
1.2 Liftry o stranách v poměru celých čísel	10
1.2.1 Určení hmotností liftrů	12
1.2.2 Závěr z prvních měření	15
1.3 Vliv materiálů podložky na levitaci	15
1.4 Zdokonalování konstrukce liftrů	16
2. ZÁVISLOST SÍLY ZDVIHU NA NAPĚTÍ ZDROJE.....	18
2.1 Úvod.....	18
2.2 Měření s liftry B1 a A1	19
2.2.1 Měření s liftrem B1	20
2.2.2 Další měření s liftrem B1	21
2.2.3 Měření s liftrem A1	23
2.3 Vyhodnocení měření	26
3. REALIZACE BOXU PRO TESTOVÁNÍ LIFTRŮ V PLYNECH RŮZNÉHO SLOŽENÍ	27
3.1 Úvod.....	27
3.2 Konstrukce boxu	28
3.2.1 Úvod	28
3.2.2 Základní konstrukce.....	28
3.2.3 Uzavíratelný poklop boxu.....	29
3.2.4 Napouštěcí a vypouštěcí ventily	30
3.2.5 Přívod napětí do boxu.....	31
3.3 Závěr	32

4. VLIV LEVITUJÍCÍHO LIFTRU NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	35
4.1 Úvod.....	35
4.2 Ozón.....	37
4.3 Oxid dusičitý.....	39
4.4 Závěr.....	40
5. LITERATURA	41

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1: Snímek liftrů L1 až L6.....	11
Obr. 1.2: Detail obr.1.1.....	11
Obr 1.3: Vážení na vahách.....	14
Obr.1.4: Liftry různých velikostí.....	15
Obr.1.5: Nákres liftru s netypickým řešením uchycení drátku.....	17
Obr. 2.1: Levitace liftru.....	18
Obr. 2.2: Měření síly zdvihu.....	19
Obr. 2.3: Graf závislosti síly zdvihu F na napětí U.....	21
Obr. 2.4: Graf závislosti síly zdvihu F na napětí U.....	22
Obr. 2.5: Graf závislosti síly zdvihu F na napětí U.....	24
Obr. 2.6: Graf závislosti síly zdvihu F na napětí U.....	25
Obr. 3.1: Konstrukční detail.....	29
Obr. 3.2: Konstrukce a princip uzavírání boxu.....	30
Obr. 3.3: Ventilek a jeho umístění na napouštěcí (přední) a vypouštěcí (zadní) straně.....	31
Obr. 3.4: Zavedení vodičů do boxu.....	31
Obr. 3.5: Snímek boxu (bez víka).....	32
Obr. 3.6: Snímek boxu ze zadní strany (bez víka).....	33
Obr. 3.7: Box s víkem.....	33
Obr. 3.8: Měření v boxu s atmosférou obohacenou dusíkem.....	34
Obr. 4.1: Strukturní vzorec a hodnoty pro ozón.....	37
Obr. 4.2: Strukturní vzorec a hodnoty pro oxid dusičitý.....	38

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1.1: Vážení na vahách.....	13
Tabulka 1.2: Vliv materiálu na levitaci.....	16
Tabulka 2.1: Měření liftru B1 s molitanem.....	20
Tabulka 2.2: Měření liftru B1 bez molitanu.....	22
Tabulka 2.3: Měření liftru A1 bez molitanu (první měření).....	23
Tabulka 2.4: Měření liftru A1 bez molitanu (druhé měření).....	26
Tabulka 4.1: Koncentrace iontů.....	36
Tabulka 4.2: Koncentrace záporných iontů ve vzduchu.....	36

SEZNAM ZKRATEK

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
g	ms ⁻²	Gravitační zrychlení
m	kg	Hmotnost
L1	-	Liftr L1 s určitými rozměry
L2	-	Liftr L2 s určitými rozměry
L3	-	Liftr L3 s určitými rozměry
L4	-	Liftr L4 s určitými rozměry
L5	-	Liftr L5 s určitými rozměry
L6	-	Liftr L6 s určitými rozměry
A1	-	Liftr A1 s určitými rozměry
B1	-	Liftr B1 s určitými rozměry
n ₁	-	První rovnovážná poloha
n ₂	-	Druhá rovnovážná poloha
n ₀	-	Nulová rovnovážná poloha
z ₁	kg	Hmotnost závaží pro první rovnovážnou polohu
z ₂	kg	Hmotnost závaží pro druhou rovnovážnou polohu

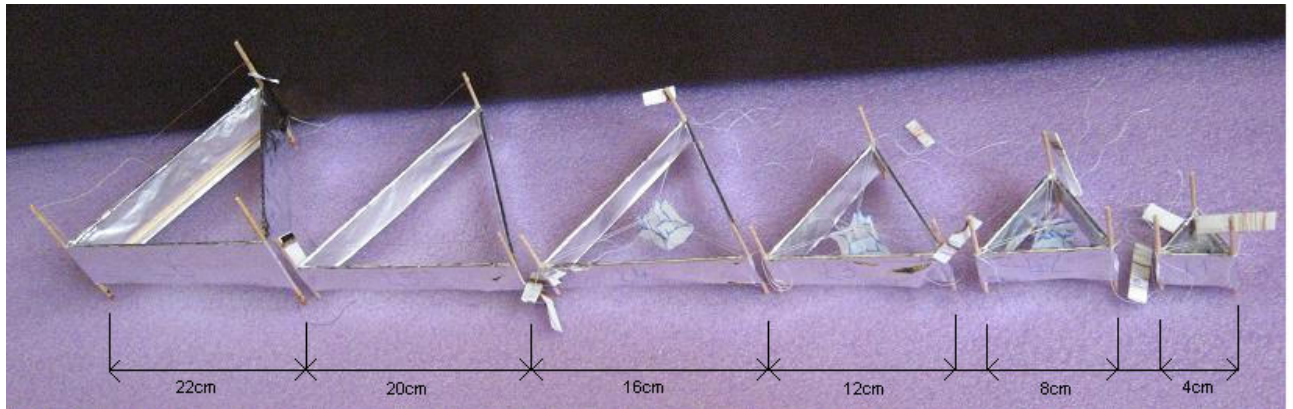
1. SESTROJENÍ TESTOVACÍCH MODELŮ LIFTRU

1.1 ÚVOD

Snaha co nejvíce objasnit chování liftru liftrů nás vedla ke zkoušení odlišných konstrukcí a různých materiálů. Chtěli jsme také zjistit, jakým dalším směrem by se měli naše typy konstrukcí a materiálů ubírat. Nejčastěji používané liftry mají tvar trojúhelníku. U tohoto tvaru lze volit různé délky a šířky stran a průměrů elektrod (folie nebo drátek). Lze je skládat do větších útvarů a to i v několika vrstvách. Naší snahou bylo zjistit jaká velikost, popř. konstrukce, je nejvhodnější pro stabilní zdvih. Zároveň jsme po počátečních zkušenostech chtěli, aby se naše liftry mohly používat opakovaně vícekrát, čímž by se zvýšila přesnost a vypovídací hodnota naměřených údajů.

1.2 LIFTRY O STRANÁCH V POMĚRU CELÝCH ČÍSEL

Jak bylo zmíněno, potřebovali jsme zjistit, jaký tvar a jaká velikost liftru by byla nejlepší pro účinnou a stabilní levitaci. Proto jsem sestrojil šest liftrů trojúhelníkového tvaru s různě velkými stranami, z nichž pět mělo vzájemně poměr stran 1: 2. Označení nesou od nejmenšího L1 s délkou strany 4cm až po L6 s délkou strany 22cm. Na obr. 1.1 je uveden snímek těchto liftrů i s popisem velikosti jejich stran. U liftrů L1 až L4 jsou ve středu jejich trojúhelníkové podstavy umístěna závažíčka. To proto, aby tyto liftry různé velikosti měli nejen stejný tvar, ale i stejnou hmotnost. Záměrem tohoto opatření bylo zjistit závislost síly na zdvihu na rozměrech liftru a vyloučit vliv rozdílných hmotností.



Obr. 1.1: Snímek liftrů L1 až L6



Obr. 1.2: Detail obr.1.1

1.2.1 Určení hmotností liftrů

Bylo tedy za potřebí co nejpřesněji změřit na rovnoramenných vahách hmotnosti jednotlivých liftrů a zjistit, jak velkou hmotnost bude nutno přidat. Toto měření jsme provedli dvakrát s tím, že podruhé jsme prohodili umístění liftrů a závažiček na miskách vah. V tabulce na obr. 1.3 jsou zaznamenány hodnoty mého měření a výpočtu hmotností v situaci, kdy liftr byl na levé straně a závažíčka na pravé. Opačnou situaci má zaznamenanou Matej Buday ve své bakalářské práci. Z našich hodnot jsme vytvořili průměrné hodnoty hmotností liftrů požadované pro jejich dovážení. Hmotnosti zjištěné M. Budayem jsou pro L1 1.9g, L2 2.6g, L3 3.4g, L4 4.1g, L5 5.3g, L6 5.2g.

Teplota [°C]	Vlhkost		
22.1	32%		
Liftr	První výchylka n_1	Třetí výchylka n_3	Druhá výchylka n_2
bez liftru(nulová poloha)	6.5	7	12.8
L1-první měření	15	13.5	12
L1-druhé měření	7.5	7	6
bez liftru(nulová poloha)	12	11.5	8
L2-první měření	4	3.8	0.5
L2-druhé měření	9	10	20
bez liftru(nulová poloha)	8	8	11.2
L3-první měření	17	17	13
L3-druhé měření	9	9.3	13
bez liftru(nulová poloha)	11.8	11	7
L4-první měření	18.5	18	9.5
L4-druhé měření	10.5	10.5	4.5
bez liftru(nulová poloha)	13	12.5	8
L5-první měření	9.5	8.5	4
L5-druhé měření	14	13	12
bez liftru(nulová poloha)	11	11	8
L6-první měření	6	6	4
L6-druhé měření	14	13	8.5
bez liftru(nulová poloha)	6.5	7	11

n výsledek	Hmotnost závaží [g]	n_0	Δz_1	Δz_0	m [g]
9.775					
13.125	2	9.825	-0.3	-0.15231	1.847692
6.625	1.7				
9.875					
2.2	3.1	9.7375	-0.3	-0.18018	2.919821
14.75	2.8				
9.6					
15	3.5	9.4	-0.2	-0.28535	3.21465
11.075	3.3				
9.2					
13.875	4.5	9.7875	-0.3	-0.19235	4.307647
7.5	4.2				
10.375					
6.5	5	9.9375	0.3	0.165	5.165
12.75	5.3				
9.5					
5	5	9.1875	0.3	0.209375	5.209375
11	5.3				
8.875					

Tabulka 1.1: Vážení na vahách

Hmotnosti zjištěné mnou jsou pro L1 1.8g, L2 2.9g, L3 3.2g, L4 4.3g, L5 5,2g, L6 5,2g. Průměry hodnot mých a hodnot naměřených v bakalářské práci Mateje Budaje jsou pro L1 1.85g, L2 2.75g, L3 3.3g, L4 4.2g, L5 5.25g a L6 5.2g. Dovážení bylo tedy provedeno hmotnostmi pro L1 3.4g, L2 2.5g, L3 2g, L4 1.5g. Analytické váhy se používají pro nejpřesnější vážení (váží s přesností $\pm 0,1$ mg). Základní vlastností vah je přesnost a citlivost. Stupnice vah měla v našem případě 20 dílků. Stupnici jsme „ocejchovali“ tak, že první dílek zprava pokládáme za nultý, prostřední je desátý a první zleva dvacátý. Nulovou polohou vah rozumíme polohu jazýčku nezatížených vah (zpravidla mezi 8. - 12. dílkem). Rovnovážná poloha vah je poloha jazýčku zatížených a ustálených vah. Nulové a rovnovážné polohy vah jsme určili metodou 3 kyvů.

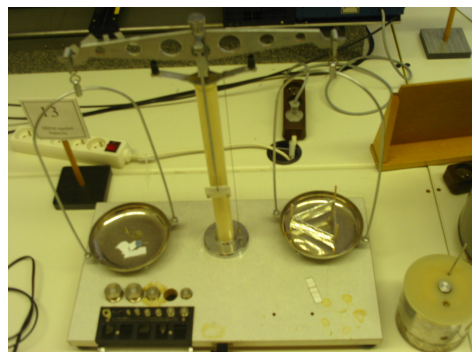
Zaznamenali jsme tři po sobě jdoucí výchylky jazýčku n_1 , n_2 , n_3 a rovnovážnou polohu n nebo nulovou polohu n_0 , jsme vypočítali podle vztahu.

$$n = \frac{1}{2} \times \left(\frac{n_1 + n_3}{2} + n_2 \right)$$

Výchylky jsme odečítali s přesností na desetiny dílků, výpočty jsme však provedli na setiny a těchto hodnot použili pro další výpočty. Hmotnost liftru m jsme určili interpolační metodou. Nejprve jsme zjistili nulovou polohu vah n_0 a poté vyvážíli liftr přibližně závažím menším než je hmotnost liftru a určili rovnovážnou polohu při tomto vážení n_1 . Poté jsme přidali závažíčko tak, že jazýček se vychýlil na opačnou stranu stupnice. Opět jsme určili rovnovážnou polohu n_2 . Hmotnost váženého předmětu (liftru) jsme pak vypočítali podle vzorce :

$$m = z_1 + \frac{z_2 - z_1}{n_2 - n_1} (n_0 - n_1)$$

Příčemž m je hmotnost liftru, n_1 první rovnovážná poloha, n_2 druhá rovnovážná poloha, n_0 nulová rovnovážná poloha, z_1 hmotnost závaží pro první rovnovážnou polohu, z_2 hmotnost závaží pro druhou rovnovážnou polohu.



Obr. 1.3: Vážení na vahách

1.2.2 Závěr z prvních měření

Tato měření však končila nezdarem, protože u těchto liftrů se stejnou hmotností docházelo k výboji mezi elektrodami (drátkem a fólií) dříve než mohlo dojít k levitaci. Soudíme, že to bylo způsobeno především malým odporem vzduchu mezi elektrodami liftru, ale i jinými vlivy. Tuto část si však necháváme stále otevřenou a opět se k těmto experimentům vrátíme a výsledky vyhodnotíme.



Obr.1.4: Liftry různých velikostí

1.3 VLIV MATERIÁLŮ PODLOŽKY NA LEVITACI

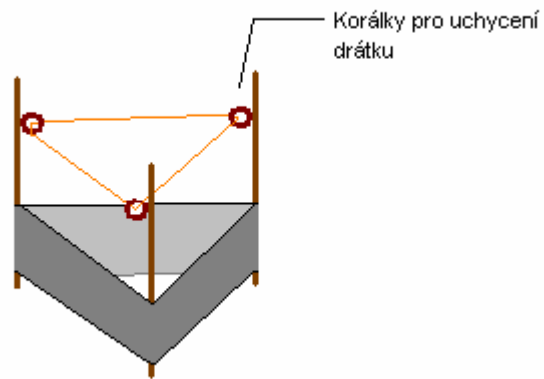
Již dříve jsme si všimli, že dochází k jistým změnám chování liftrů nad různými povrchy. Proto jsme připravili několik měření, kde jsme zkoušeli, zda dochází k levitaci při použití odlišných materiálů pod liftrem při použití stejného liftru. Výsledky tohoto experimentu jsou uvedeny v tabulce 1.2. Použili jsme klasický liftr vyrobený z balzy s trojúhelníkovou podstavou o velikosti stran 10 cm. Šířka záporné elektrody (fólie) byla 3cm a vzdálenost kladné od záporné elektrody (fólie od drátku) 2.5cm. Stav, který jsem pojmenoval pohyb bez levitace, se projevoval tím, že se liftr na jedné straně nadlehčil a pak následoval pohyb do strany, popřípadě došlo k elektrickému výboji.

Povrch pod líftrem	Stav
Podlaha (dlaždice)	levituje
Celulóza	bez náznaku pohybu
Dřevotříska	bez náznaku pohybu
Korunt	bez náznaku pohybu
Polykarbonát	pohyb bez levitace
Mrazuvzdorná, glazurovaná, univerzální kachlička	bez náznaku pohybu
Dlaždice zašpiněná olejem	levituje
Čistá dlaždice	levituje
Papír	známky pohybu, ale jen malé
Etanol	pohyb bez levitace
Destilovaná voda	pohyb bez levitace
Voda	bez náznaku pohybu

Tabulka 1.2: Vliv materiálu na levitaci

1.4 ZDOKONALOVÁNÍ KONSTRUKCE LIFTRŮ

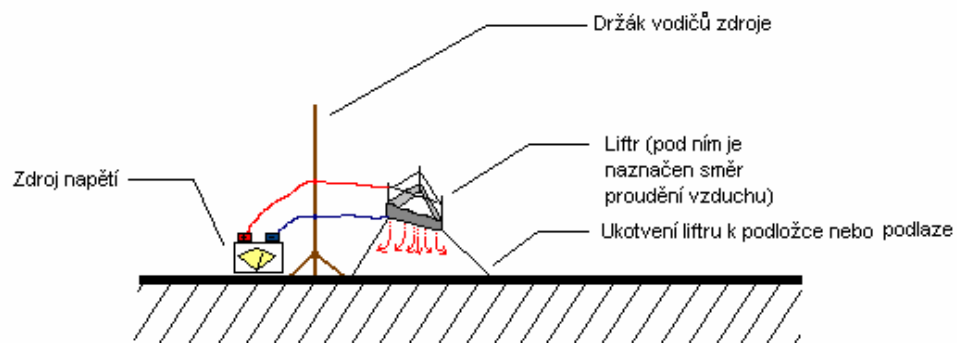
Při těchto pokusech docházelo často k tomu, že liftr se po prvním pokusu natolik poškodil, že už nebylo možné jej použít. To samozřejmě velmi zpomalovalo naše pokusy. Nejčastěji docházelo k tomu, že vznikl došlo k výboji a liftr začal hořet. Především tato zkušenost byla důvodem pro vylepšování konstrukce liftrů. Vytvořit lehčí a odolnější konstrukci by umožnilo dosáhnout levitace při nižším napětí a tím zabránit vzniku výbojů. Naším první krokem tedy bylo vyzkoušet různé materiály, např. umělou hmotu nebo laminát. Bohužel jsme vždy docílili pouze větší hmotnosti bez jakýchkoliv výhod. K výbojům a následnému hoření liftrů docházelo opět. Později jsme uchytili drátek na konstrukci liftru tak, že drátek se konstrukce vůbec nedotýkal neboť byl provléknut korálky přilepenými na svislých nosnících liftru (viz obr. 1.5). Toto řešení se ukázalo jako velmi dobré, jelikož nedocházelo k tak častým výbojům mezi drátkem a konstrukcí liftru.



Obr. 1.5: Nákres líftru s netypickým řešením uchycení drátku

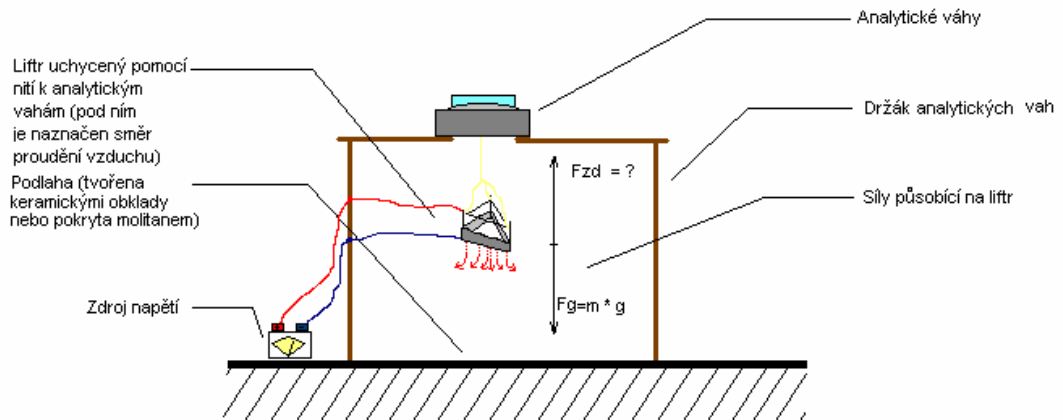
2. ZÁVISLOST SÍLY ZDVIHU NA NAPĚTÍ ZDROJE

2.1 ÚVOD



Obr. 2.1: Levitace liftru

Na obrázku 2.1 je znázorněno připojení liftru ke zdroji a následná levitace liftru. Bylo tedy zřejmé, že v silném elektrostatickém poli vzniká síla, která zvedá liftry. Proto další pokusy jsme zaměřili směrem zjistit další informace o této síle. Pouhý poznatek, že tato síla existuje byl pro nás neuspokojivý, proto jsme připravovali novou sérii experimentů s cílem zjistit, jak tato síla narůstá s napětím vloženým na liftr.



Obr. 2.2: Měření síly zdvihu

Na obrázku 2.2 je znázorněno, jak jsme při těchto pokusech postupovali. Na náčrtu vidíme liftr zavěšený na analytických vahách SCALTEC model SBA41. Liftr byl připojený na zdroj stejnosměrného napětí pomocí tenkého neizolovaného drátku, který byl totožný s drátkem kladné elektrody. Postupným zvyšováním vloženého napětí se začala zvyšovat síla zdvihu, což se projevilo poklesem „zdánlivé“ hmotnosti liftru.

2.2 MĚŘENÍ S LIFTRY B1 A A1

„Zdánlivou“ hmotnost liftru jsme odečítali na analytických vahách SCALTEC model SBA41, které jsou velice citlivé a měří tisíce gramů (jejich tolerance je ± 1 tisícina gramu). Na analytických vahách byl liftr zavěšen zespodu na speciální úchyt. Z tohoto důvodu byly váhy umístěny na zvláštní, k tomuto účelu námi zhotovený stojan. Se zvyšujícím se napětím vloženým na liftr, se zvyšovala i síla zdvihu, což se projevilo poklesem „zdánlivé“ hmotnosti liftru, který se dal přímo odečíst z displeje analytických vah.

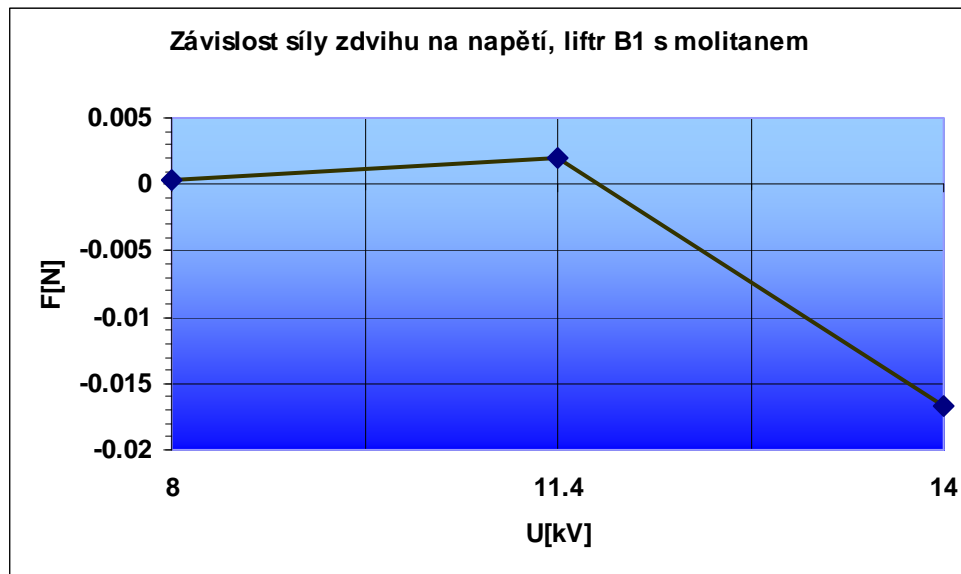
2.2.1 Měření s liftrém B1

Naše první měření spočívalo v použití liftru B1 s rozměry podstavy 13 cm, šířky fólie 3 cm (záporná elektroda) a vzdáleností fólie od drátku 2.5 cm. Dalo by se říci, že se zde jednalo o klasický liftr, ať co do použití materiálů (konstrukce z balzy), tak rozměrů. Protože jsme chtěli vyzkoušet chování liftru a změnu jeho tíhy nad jiným povrchem, než jsme dosud zkoušeli, použili jsme jako podložku pod zavěšený liftr materiál snadno dostupný, avšak svým složením odlišný, molitan.

S molitanem				
model liftru B1	U[kV]	m[g]	průměrné m[g] při U = 0V	F[N]
vypnutý stav zdroje na začátku	0	0.229	0.23	
1. nastavení napětí	8	0.202		0.000274679
2. nastavení napětí	11.4	0.03		0.001961996
3. nastavení napětí	14	1.7		-0.016676966
vypnutý stav zdroje na konci	0	0.231		

Tabulka 2.1: Měření liftru B1 s molitanem

Z tabulky lze vyčíst, že jsme nastavovali tři různé hodnoty napětí a to od 8 kV do 14 kV. I když při napětí 14 kV se nám nikdy nepodařilo dosáhnout u liftru levitace, tak tato hodnota bylo pro nás konečná. Důvodem bylo nečekané zvýšení „zdánlivé“ hmotnosti liftru, což si vysvětlujeme natočením vektoru síly zdvihu. Tudíž jsme dále nepokračovali a připisovali jsme tento jev molitanu, se kterým jsme dosud neměli žádné zkušenosti. Na obr. 2.3 vidíme, jak při postupném zvyšování napětí se zvyšuje i síla zdvihu, ovšem při napětí 14 kV jiným směrem než svisle vzhůru (síla značena záporně).



Obr. 2.3: Graf závislosti síly zdvihu F na napětí U

Do napětí hodnoty 11.4 kV podle obr. 2.3 lze hovořit o síle zdvihu. Avšak síla, která vznikla po překročení této hodnoty byla pro nás překvapením. Mohlo se jednat buď o změnu směru vektoru síly zdvihu nebo vznik nové síly mezi liftrem a molitanem v silném elektrostatickém poli.

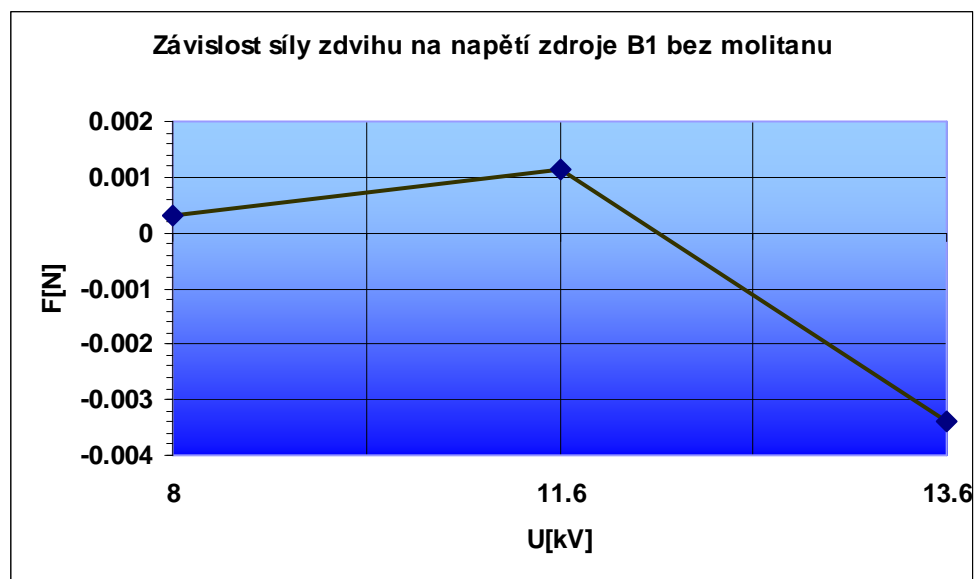
2.2.2 Další měření s liftrem B1

Jelikož jsme se domnívali, že měření bylo do určité míry zkresleno použitím molitanu jako povrchu podlahy nad níž byl zavěšen liftr, opakovali jsme tentýž pokus bez použití zmiňovaného molitanu. Chěli jsme si ověřit domněnku, že síla, která vznikla při předchozím pokusu při napětí 14 kV a měla jiný směr než vzhůru, byla vyvolaná vložením molitanu do silného elektrostatického pole. Jak je vidět na obr.2.5, i bez použití molitanu vznikla síla, která měla opačný směr než vzhůru. Závěr tedy vyzněl tak, že molitan neovlivnil vznik této síly, možná pouze její velikost. I když jsme se snažili vycházet pokaždé ze stejných počátečních podmínek měření, jsou hodnoty sil při největším napětí (s molitanem 14 kV, bez molitanu 13,6 kV) velmi odlišné. Při použití molitanu jsme zjistili sílu 0.0167 N, zatímco bez použití molitanu 0.0034 N.

Bez molitanu				
model liftru B1	U[kV]	m[g]	průměrné m[g] při U = 0V	F[N]
vypnutý stav zdroje na začátku	0	0.17	0.177	
1. nastavení napětí	8	0.146		0.000304109
2. nastavení napětí	11.6	0.06		0.001147768
3. nastavení napětí	13.6	0.347		-0.003404063
vypnutý stav zdroje na konci	0	0.184		

Tabulka 2.2: Měření liftru B1 bez molitanu

Síla zdvihu působící na liftr zavěšený nad molitanovou podložkou je přibližně 5 násobek síly působící na tentýž liftr bez podložky molitanové. Hodnoty sil zdvihu při napětí při 8 kV a 11,4 kV resp. 11.6 kV by se dali označit za přibližně stejné. Vše je vidět přehledně na obr. 2.4 v grafu.



Obr. 2.4: Graf závislosti síly zdvihu F na napětí U

Zdá se proto, že při určitém napětí vzniká vždy síla, která by mohla směřovat k podložce umístěné pod liftrem, ať už je podložka z jakéhokoliv materiálu. Otázkou je, jestli by taková síla nepotlačila samotnou levitaci.

2.2.3 Měření s liftrem A1

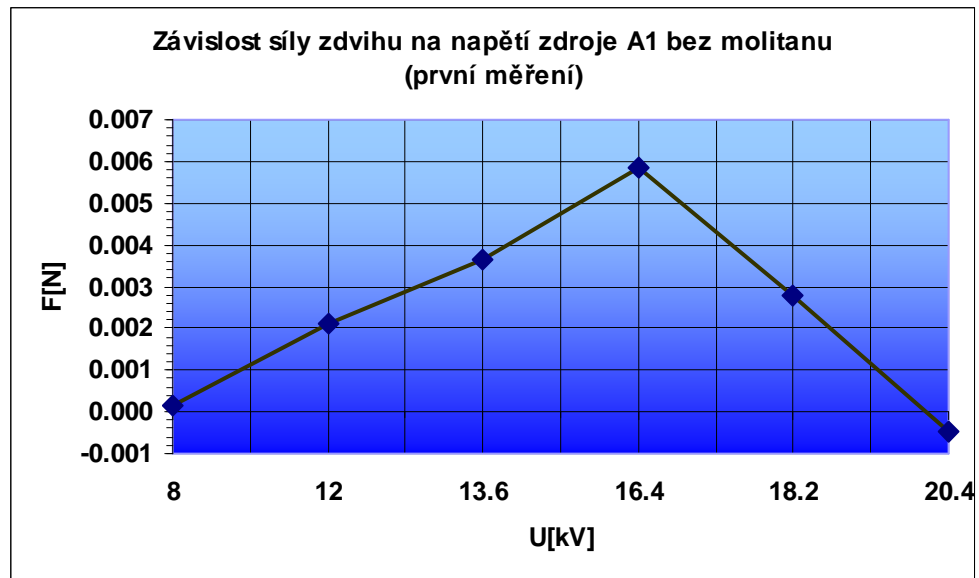
Při dalším měření jsme použili odlišný liftr a to z důvodu ověření výsledku našich předešlých měření s liftrem B1. Provedli jsme měření pro více hodnot napětí vzestupným směru a toto měření jsme ještě opakovali z důvodu eliminování možných chyb nebo nepřesností. Liftr A1 se skládal ze dvou druhů materiálů, což bylo pro něj velmi specifické. Podstava byla tvořena, námi často používaným materiálem, balzou. Ale jako vertikální nosníky jsme použili umělou hmotu oválného průřezu. Umělá hmota má sice mnoho nevýhod, jako jsou například vyšší hmotnost, ale nepřijme téměř žádnou okolní vlhkost jako je to u balzy. Zvolili jsme také jiné rozměry podstavy trojúhelníku, tj. rozměry délky balzy. Ostatní rozměry jsme ponechali stejné, takže výsledné rozměry byly 10 cm podstava, šířka fólie 3 cm (záporná elektroda) a vzdálenost fólie od drátku 2.5 cm. Zajímali nás taktéž možné změny chování liftru a vyhodnocené výsledky úbytku tíhy na analytické váze vzniklé těmito konstrukčními odlišnostmi oproti liftru B1.

		Bez molitanu			
První měření s A1	model liftru A1	U[kV]	m[g]	průměrné m[g] při U = 0V	F[N]
	vypnutý stav zdroje na začátku	0	0.621		
	1. nastavení napětí	8	0.606		0.0001618647
	2. nastavení napětí	12	0.407		0.0021140507
	3. nastavení napětí	13.6	0.251		0.0036444076
	4. nastavení napětí	16.4	0.025		0.0058614631
	5. nastavení napětí	18.2	0.34		0.0027713194
	6. nastavení napětí	20.4	0.673		-0.0004954040
	vypnutý stav zdroje na konci		0.624	0.6225	

Tabulka 2.3: Měření liftru A1 bez molitanu (první měření)

V tabulce 2.3 jsou přehledně uvedeny výsledky našeho měření při nastavovaných šesti hodnotách napětí od 8 do 20.4 kV. Všimněme si, že na grafickém vyjádření (obr. 2.5) závislosti napětí na síly zdvihu se zdá, jako by síla zdvihu do hodnoty 16 kV lineárně stoupala a od ní lineárně klesala. Síla zdvihu, tj síla potřebná k levitaci liftru, je v tomto měření největší a to zdějně díky posunutě

hranici, kdy tato síla začne klesat. Mohlo by to být způsobeno dobře zvolenou konstrukcí nebo dobrými okolními podmínkami, které ovlivňují výsledky měření. Bylo to zatím největší vyvolaná síla zdvihu, která následně vyvolala levitaci liftru.

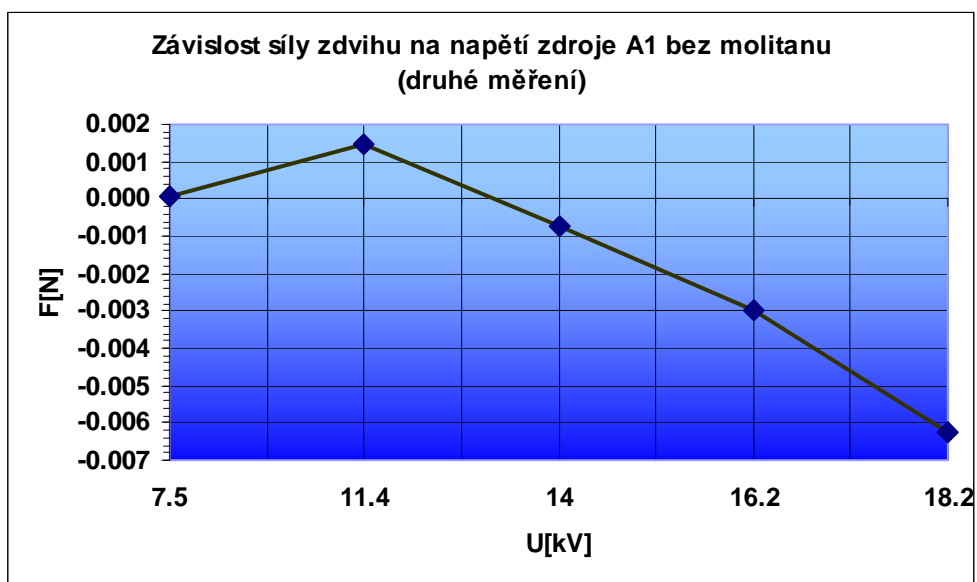


Obr. 2.5: Graf závislosti síly zdvihu F na napětí U

Proto jsme toto měření opakovali a chtěli ověřit zjištěné hodnoty síly zdvihu. Tím by se potvrdila správnost konstrukce i výběr materiálu. Naměřené hodnoty jsou zaznamenány v tabulce 2.4 a vyneseny do grafu (obr. 2.6). Přesto, že jsme se snažili vytvořit stejné podmínky, naměřili jsme hodnoty velmi odlišné. Nejenom, že pokles síly zdvihu nastal při jiné hodnotě (při prvním měření u 16.4 kV a při druhém u 11.4 kV), ale kladná hodnota síly zdvihu (síla potřebná k levitaci) byla znatelně menší. Hodnota záporné síly (složka síly, která směřovala opačným směrem než vzhůru) byla znatelně větší. Povšimněme si opět přibližně lineární závislosti síly na velikosti vloženého napětí.

Druhé měření s A1	Bez molitanu				
	model líftru A1	U[kV]	m[g]	průměrné m[g] při U = 0V	F[N]
	vypnutý stav zdroje na začátku	0	0.161		
	1. nastavení napětí	7.5	0.153		0.0000882898
	2. nastavení napětí	11.4	0.014		0.0014518770
	3. nastavení napětí	14	0.234		-0.0007063186
	4. nastavení napětí	16.2	0.467		-0.0029920439
	5. nastavení napětí	18.2	0.797		-0.0062293373
	vypnutý stav zdroje na konci		0.163	0.162	

Tabulka 2.4: Měření líftru A1 bez molitanu (druhé měření)



Obr. 2.6: Graf závislosti síly zdvihu F na napětí U

2.3 VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ

Záměrem našeho měření bylo zjistit velikost síly, umožňující levitaci liftru, na napětí zdroje, popřípadě možnost zvednutí nějaké hmotnosti navíc. Levitace byla námi už několikrát pokusy ověřena a to i liftry A1, B1 nebo liftry konstrukčně podobnými. Očekávali jsme, že síly zdvihů budou větší, ale výsledky naměřené poté zapsané do tabulek vypovídají o opaku. Tuto skutečnost lze jen těžko vysvětlit. Částečně by se to mohlo vysvětlit uchycením liftru. Při pokusech jsme liftry ukotvovali k podložce pod ním. Při pozorném sledování liftru jsme zjistili, že při pomalém zvyšování napětí se liftr na jedné straně nadzvedne a tím se vychýlí z rovnovážné polohy. To vede k napnutí jedné či dvou ukotvovacích nití přivázaných k vrcholům trojúhelníkového tvaru liftru, následně to znamená vychýlení síly zdvihu od svislého směru. Nakonec se zvedne i poslední třetí vrchol liftru. V případě měření nárůstu síly zdvihu jsme neměli liftr ukotven, nýbrž zavěšen na analytických vahách. Při tomto způsobu jsme mohli sledovat narůstání síly zdvihu od jejího vzniku až po hodnoty, při níž by se liftr v prostoru volně vznášel. O tuto maximální hodnotu síly zdvihu, kdy se tato síla vyrovná s tíhovou silou působící na liftr, jsme však, z důvodu možných elektrických výbojů a tím poškození modelů, neusilovali.

3. REALIZACE BOXU PRO TESTOVÁNÍ LIFTRŮ V PLYNECH RŮZNÉHO SLOŽENÍ

3.1 ÚVOD

Naším cílem bylo také zjištění chování liftrů v různých plynech odlišných složení nebo tlaků. Tyto pokusy by nám lépe osvětlili problematiku levitace liftru a vzniku sil potřebných k levitaci. Teorie, která se snaží jev levitace vysvětlit, a kterou považujeme za velmi pravděpodobnou vychází z prostého jevu ionizace plynu. Vlivem silného elektrostatického pole mezi elektrodami liftru dochází k ionizaci molekul vzduchu. Vzniklé kladné ionty a volné elektrony se dají do pohybu směrem k elektrodám s opačným potenciálem. Lehké elektrony jsou vzhledem ke své malé hmotnosti pohyblivější než těžké kladné ionty. Jejich pohybem vzniká tzv. iontový vítr, jehož existenci jsme prokázali v práci Plasmagnetic levitation theory, viz [1]. Tak vzniká síla, která nadzvedává liftr. Ovšem autoři některých jiných prací dokazují, že tato síla není dostatečná k uskutečnění levitace. Z výše uvedené teorie je zřejmé, že v každé látce jiného složení se bude liftr chovat poněkud jinak. Z hlediska schopnosti elektronu opustit vazbu v obalu atomu je dusík (ve vzduchu 78%). Proto naše další kroky směřovaly k vytvoření boxu. V této části popisují konstrukci a její realizaci. Samotné měření v boxu s odlišnými plyny popisuje v bakalářské práci Matej Buday.

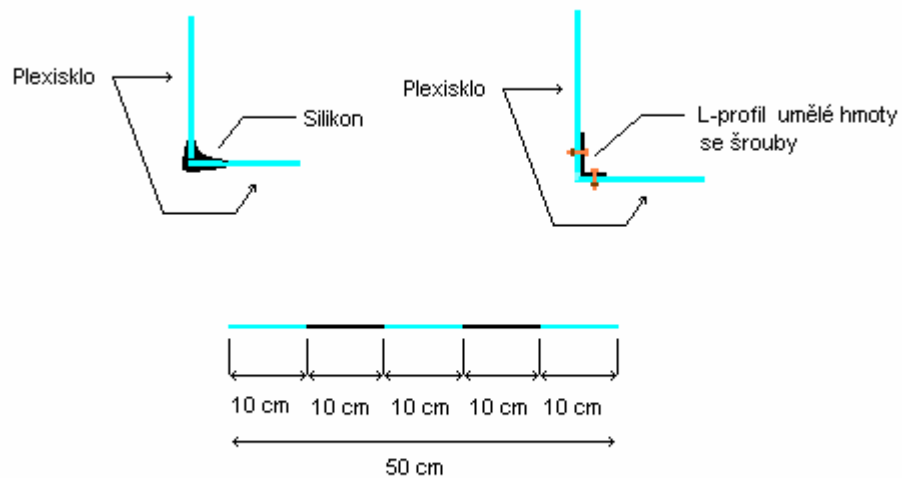
3.2 KONSTRUKCE BOXU

3.2.1 Úvod

Naším cílem bylo vytvořit box, který svojí konstrukcí bude bezpečný i při napájení vysokým napětím uvnitř boxu, ale bezpečný i tím, že vznik různých splodin uvnitř boxu, zapříčiněných ionizacími, se neprojeví mimo box. Splodiny musí zůstat uvnitř, aby nebyly vdechovány při pokusech s liftry. Dále bylo zapotřebí, aby box byl schopen napouštění různými plyny a nereagoval s nimi. Jako poslední kladená podmínka na box byla, aby byl schopen rozdílných tlaků, i když jen v malém rozmezí. Návrh byl zaměřen také na jednoduchost při přemísťování a rychlost zapojení pro případné praktické ukázky.

3.2.2 Základní konstrukce

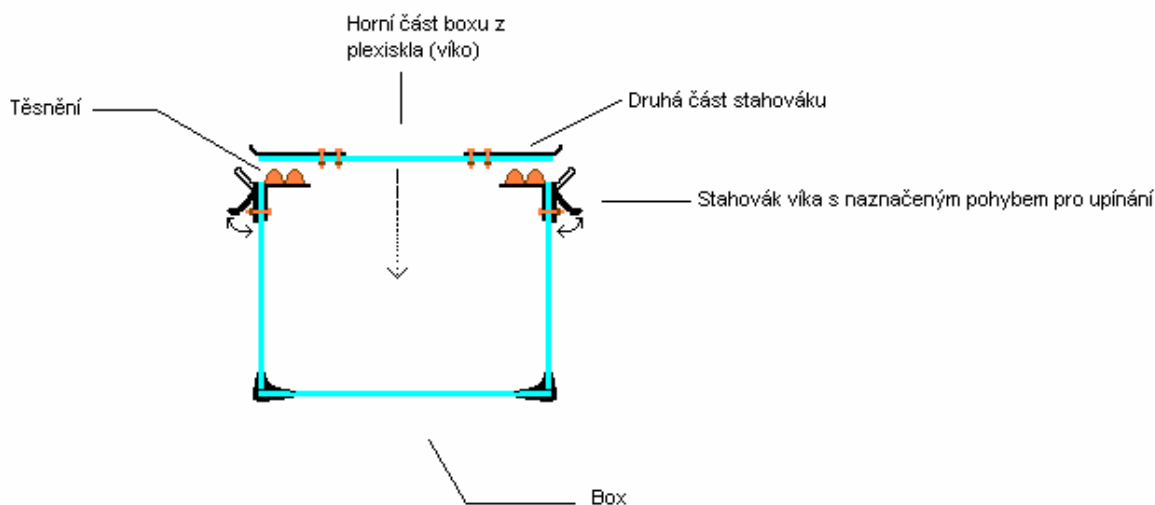
Jako základní stavební materiál bylo použito plexisklo (polymethylmetakrylát - PMMA), který se nejčastěji vyrábí radikálovou neboli blokovou polymerací methylesteru kyseliny metakrylové. V našem případě to byla čirá hmota, odolná vůči stárnutí (dlouhá chemická stálost), která má velmi dobré optické hodnoty, jelikož propouští 90 až 92 % světla. Její prostupnost pro světlo je tedy lepší než u skla. Obyčejné sklo by bylo více chemicky odolné, ale neměli jsme potřebné vybavení, abychom ho mohli zpracovat dle našich požadavků. Z rozměrů plexiskla 50 cm délky a 50 cm šířky (bočním stěnám byla upravena velikost šířky na 49,5 cm z důvodu 0.5 cm tloušťky plexiskla) jsem vyrobil box ve tvaru krychle bez vrchního víka. Případné odřezávání částí plexiskla mi poskytl diamantový nůž. Náčrt těchto spojů můžeme vidět na obr. 3.1. Všechny hrany jsem po celé délce slepil silikonem určeným pro výrobu akvárií do objemu 1000 litrů. Navíc jsem na každou hranu umístil umělohmotný L-profil, který byl po dvou kusech, 10 cm od sebe, na jedné hraně a přichycený pomocí čtyř šroubků. Roložení L-profilů a jejich upevnění lze vidět na obr. 3.1



Obr. 3.1: Konstrukční detaily

3.2.3 Uzavíratelný poklop boxu

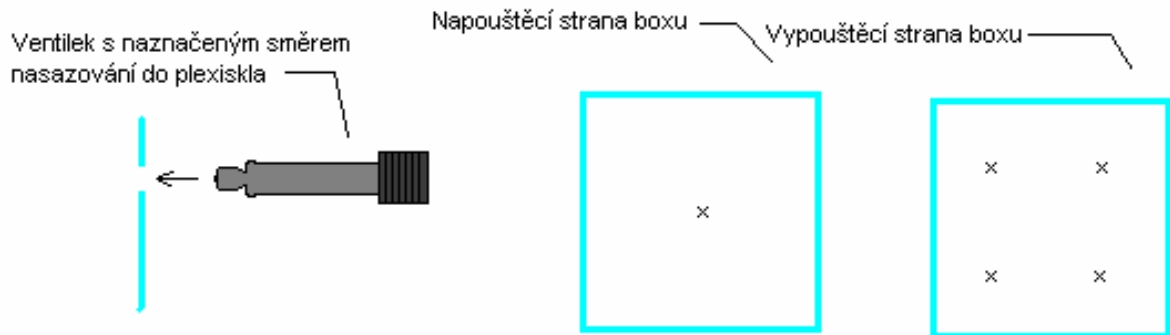
Aby tvar krychle byl kompletní, chyběl nám poslední kus plexiskla na vrchní část boxu. Tento uzavíratelný poklop nejenom musel být vzduchotěsný, lehce instalovatelný, ale i odolný vůči tlaku. Na obr. 3.2 vidíme naznačený princip uzavírání boxu, který spočívá v tom, že vrchní část boxu stáhneme pomocí stahováku k těsnění přilepenému k L-profilu na stranách boxu. Těchto stahováků jsou 4 kusy, na každé straně jeden, vzdálené 15 cm od okraje. I když se později ukázalo, že jejich počet bude potřeba zvýšit na dvojnásobek, tak konstrukční řešení je jednoduché a přitom velmi účinné. Značným problémem se ukázalo při výrobě této části boxu, že zakoupený výrobek stahováku nefungoval jak by měl a to z důvodu nepřesného zpracování od výrobce. Proto stahováky musely projít několika hodinovou úpravou, která později zaručila bezproblémové fungování.



Obr. 3.2: Konstrukce a principu uzavírání boxu

3.2.4 Napouštěcí a vypouštěcí ventily

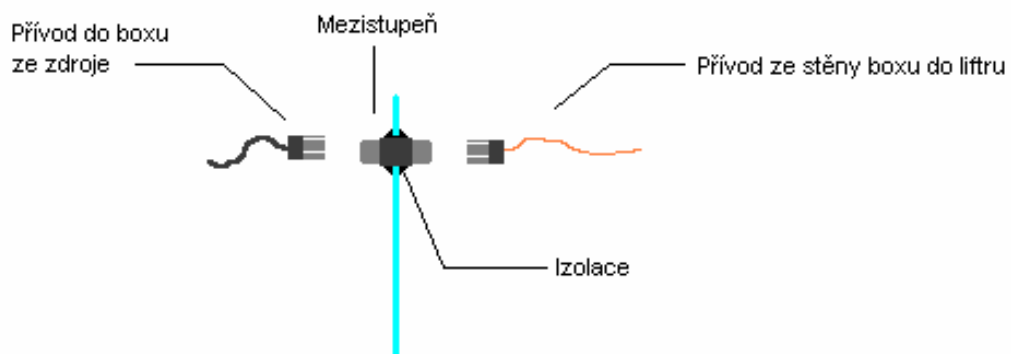
Jako nejlepší řešení napouštění boxu plyny s různým složením nebo různých tlaků bylo použití ventilků původně určených do ráfků motocyklového kola přizpůsobených bezdušovým pneumatikám. Na obr. 3.3 můžeme vidět přibližný náčrt ventilku a jeho rozmístění na napouštěcí (umístěn v středu předního plexiskla) a vypouštěcí straně (4 kusy ventilků vzdálené od okrajů a od sebe navzájem 12.5 cm). Ventilek je jednocestný a tak nám nedochází při napouštění k úniku plynu. Další nespornou výhodou je, že na ventilek můžeme umístit tlakoměr a tak sledovat neustále hodnotu tlaku v boxu.



Obr. 3.3 Ventilek a jeho umístění na napouštěcí (přední) a vypouštěcí (zadní) straně

3.2.5 Přívod napětí do boxu

V této části konstrukce boxu jsem chtěl zvolit vhodný způsob zavedení vodičů od zdroje do boxu. Bezpečné a snadné spojení líftru uvnitř boxu se zdrojem napětí boxu.



Obr. 3.4: Zavedení vodičů do boxu

Bylo také potřeba, aby přívodní kabely k liftru vedly ze všech čtyř stran. Důvodem pro takové zavedení kabelů bylo, abychom nebyli omezováni konstrukcí liftru nebo umístěním liftru uvnitř boxu. Proto na kladnou elektrodu (drátek) je veden pouze jeden přívod, který je umístěn v horním rohu přední strany, zatímco na zápornou elektrodu na každé straně je přiveden jeden přívod v dolním rohu. Tímto je zaručena již výše zmíněná možnost umístit v boxu liftry různých tvarů a řešení celkem libovolným způsobem.

3.3 ZÁVĚR

Při našich pokusech s liftry umístěnými uvnitř boxu se ukázalo, že box nemá žádné výraznější konstrukční vady a s jeho přínosem do našich měření jsme byli spokojeni. Jedinou změnou, která bude v blízké době realizována, bude navýšení stahováků vrchní části (víka) boxu na dvojnásobek.



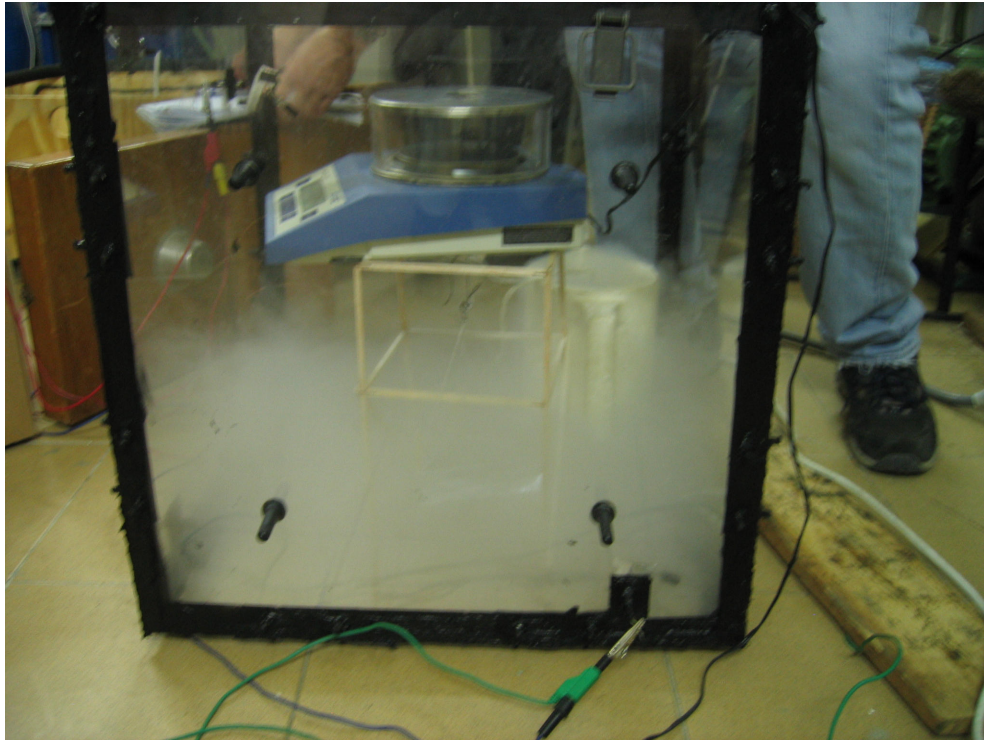
Obr. 3.5: Snímek boxu (bez víka)



Obr. 3.6: Box ze zadní strany (bez víka)



Obr. 3.7: Boxu s víkem



Obr. 3.8: Měření v boxu s atmosférou obohacenou dusíkem

4. VLIV LEVITUJÍCÍHO LIFTRU NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

4.1 ÚVOD

Při postupném zvyšování napětí (v našich měření až téměř 30 kV) dochází k ionizaci mezi dvěma elektrodami, v případě liftru mezi fólií a drátkem. Tato ionizace vzduchu (kyslík 20.9%, dusík 78%, oxid uhličitý 0.035%, argon 0.934% a ostatní plyny) zapříčiňuje vznik mnoha škodlivých látek, jako například jsou kladné ionty vzduchu, ozón, různé sloučeniny dusíku a kyslíku. Nikdy jsme hodnoty koncentrace těchto látek neměřili a tudíž nevíme, zda jsou pro osoby v blízkosti liftru nebo pro životní prostředí škodlivé. Jako jedno z mnoha řešení pro zamezení škodlivosti ionizace při levitaci liftru byl návrh a později konstrukce již výše zmíněného boxu. „V čistém vzduchu v přírodě jsou kladné a záporné ionty obsaženy přibližně v rovnováze, poměrem 750 kladných k 650 záporným iontům v 1 cm^3 (tzv. koeficient unipolárnosti = $750/650 = 1,15$), což je velmi důležité pro lidský organismus. Při vysoké koncentraci kladných iontů dochází k jejich vnikání do plic. Vdechováním se ionty dostanou do krve a do organismu, kde mohou vyvolávat nepříznivé reakce, jako např. zvýšené uvolňování serotoninu a histaminu. Zvýšená hladina serotoninu v krvi může snížit kapacitu plic a schopnost těla absorbovat kyslík. Serotonin rovněž způsobuje stahování hladkého svalstva, což může vyvolat migrénu, alergické reakce, vznětlivost, horkost, bolesti v krku, průduškový kašel, nevolnost či břišní křeče. Zvýšení hladiny histaminu se může projevit bolestmi srdce, alergiemi, sennou rýmou, nevolností a nespavostí“ [3].

Norma	Počet iontů v cm ³	
	Kladné ionty	Záporné ionty
min. množství	p+ > 400	p- > 600
max. množství	p+ < 50 000	p- < 50 000

Tabulka 4.1: Koncentrace iontů

Tabulka 4.1 uvádí koncentrace kladných a záporných iontů ve vzduchu, stanovené ruskou sanitární normou SanPin.

Název prostoru	Koncentrace záporných iontů
vzduch v městském bytě	50-100 iontů/cm ³
vzduch na ulici ve městě	100-500 iontů/cm ³
vzduch v lese nebo u moře	1 000-5 000 iontů/cm ³
vzduch u vodopádů	10 000-50 000 iontů/cm ³
vzduch po bouřce	10 000-50 000 iontů/cm ³

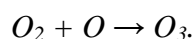
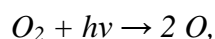
Tabulka 4.2: Koncentrace záporných iontů ve vzduchu

V tabulce 4.2 jsou uvedeny koncentrace záporných iontů nacházejících se různých lokalitách. „V čistém vzduchu v přírodě jsou kladné a záporné ionty obsaženy přibližně v rovnováze – poměrem 750 kladných k 650 záporným iontům v 1 cm³ (tzv. koeficient unipolárnosti = 750/650 = 1,15), což je velmi důležité pro lidský organismus. Nadměrné používání syntetických materiálů (záclony, čalounění, koberce, umělohmotné tapety, podlahové krytiny z PVC), klimatizací se syntetickými filtry, působení kladně nabitě televizní obrazovky nebo monitoru počítače, používání laserových tiskáren a kopírek, ale také smog a kouření způsobují nadbytek kladných iontů a následně zvýšení koeficientu unipolárnosti až na hodnotu 6, což může být zdraví škodlivé“ [3].

4.2 OZÓN

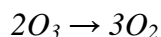
Jeho koncentraci jsme sice neměřili, ale jeho přítomnost jsme zaznamenali typickým pachem v okolí liftru. „Ozón (*racionální chemický název trikyslík*) je alotropní modifikace kyslíku. Jeho molekuly sestávají ze tří atomů kyslíku namísto dvou, které tvoří molekuly stabilního běžného dikyslíku. Molekula ozónu je lomená a úhel, který svírají vazby mezi atomy kyslíku, je $116,8^\circ$. Jak naznačují mesoměrní strukturní vzorce (obr. 4.1), představující mezní elektronové konfigurace této molekuly, je na prostředním atomu kladný náboj, zatímco na obou krajních je záporný náboj poloviční velikosti. Díky tomu a svému lomenému tvaru má molekula značný dipólový moment. Přítomnost dipólového momentu přispívá k zesílení van der Waalsových mezimolekulových přitažlivých sil a spolu s vyšší hmotností molekuly ke snížení těkavosti ozónu ve srovnání s dikyslíkem.

Ozón vzniká působením elektrických výbojů nebo krátkovlnného ultrafialového záření (např. UV-C) na molekuly obyčejného kyslíku (dikyslíku), přičemž tato reakce probíhá ve dvou stupních. V prvním dodaná energie rozštěpí dvouatomovou molekulu dikyslíku na dva atomy, tedy na dva vysoce reaktivní jednoatomové radikály, které se okamžitě spojí s další molekulou dikyslíku za vzniku trikyslíku (ozónu):

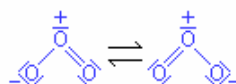


Při normální teplotě a tlaku je ozón namodralý plyn s intenzivním pachem, který člověk registruje již při koncentraci 2 ppm. Při ochlazování se nejprve přeměňuje na tmavě modrou kapalinu, a posléze v tmavě modrou pevnou látku.

Ozón je silné oxidační činidlo. Je nestabilní a reakcí



se rozkládá na obyčejný dikyslík. Průběh reakce se zrychluje se stoupající teplotou a klesajícím tlakem. Přeměnu ozónu na dikyslík urychlují také některé chemické sloučeniny a radikály, např. atomy chlóru (viz heslo ozónová vrstva). Ve vysokých koncentracích je jedovatý. Protože v těle člověka způsobuje tvorbu volných radikálů, je pro člověka a některé živočichy karcinogenní. U řady druhů bakterií byla pozorována při nízkých koncentracích i mutagenicita ozónu, ve vyšších koncentracích ozón mikroorganismy zabíjí“[2].



Registrační číslo CAS	10028-15-6
Sumární vzorec	O ₃
Molární hmotnost	48,00 g/mol
Teplota tání	-192,2 °C
Teplota varu	-111,9 °C
Kritická teplota	-12,1 °C
Kritický tlak	5,38 MPa
Hustota	g/cm ³
Rozpustnost ve vodě	10 mg/l

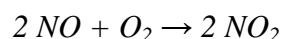
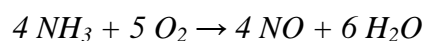
Obr. 4.1: Strukturální vzorec a hodnoty pro ozón

4.3 OXID DUSIČITÝ

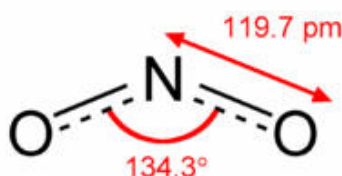
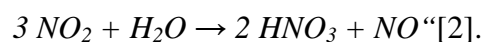
„Oxid dusičitý (NO_2) je jedním z pěti oxidů dusíku. V plynném stavu je to červenohnědý, agresivní, jedovatý plyn, v kapalném stavu je to žlutohnědá látka, která tuhne na bezbarvé krystaly. Změna barvy při skupenských přechodech souvisí s rovnováhou mezi dimerní formou (N_2O_4 , převládá v kondenzovaných fázích, je bezbarvá) a monomerní formou (NO_2 , je přítomna v plynné fázi, intenzivně červenohnědá):



V ovzduší patří oxid dusičitý k plynům, které způsobují kyselou dešť. Vzniká ve spalovacích motorech oxidací vzdušného dusíku za vysokých teplot, uvolňuje se také rozkladem kyseliny dusičné. Průmyslově se vyrábí dvoustupňovou oxidací amoniaku:



S vodou reaguje oxid dusičitý za vzniku kyseliny dusičné a oxidu dusnatého:



Registrační číslo CAS	10544-72-6
Sumární vzorec	NO_2 (g), N_2O_4 (l, s)
Molární hmotnost	46,0055 g/mol (g), 92,012 g/mol (l, s)
Teplota tání	-11,2 °C
Teplota varu	21,1 °C
Hustota	1,44 g/cm ³ (21 °C)
Standardní slučovací entalpie	33,10 kJ.mol ⁻¹

Poznámka: s = pevná fáze, l = kapalná fáze, g = plynná fáze

Obr. 4.2 Strukturální vzorec a hodnoty pro oxid dusičitý

4.4 ZÁVĚR

Vznik látek při levitaci liftru (ionizací vzduchu) je mnoho a nemůžeme jejich výskyt potvrdit či vyvrátit. Měření námi nikdy nebylo uskutečněno a to jak pro zjištění jejich výskytu jak pro množství koncentrace. Proto jsem se podrobněji nezmiňoval o látkách, které by mohli vzniknout, jelikož by se jednalo pouze o spekulace. Jedinou látkou, kterou lze indikovat čichem, byl ozón. V každém případě se musí dbát bezpečnosti, ať už z důvodu vzniku škodlivých látek nebo možného úrazu elektrickým proudem. Proto se pokusy provádějí pouze v dobře odvětrávaných prostorách a dodržují se bezpečné vzdálenosti od liftrů nebo neizolovaných zařízení pod napětím.

5. LITERATURA

- [1] BUDAY, M. – BARTOŠ, M., Plasmagnetic levitation theory. In *New Trends in Physics November 15-16, 2007 Brno, Czech republic*, Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav fyziky, 2007. ISBN 978-80-7355-078-3, s. 209 – 212
- [2] Meadowsová, D.H.: *Překročení mezí*, Argo, 1992, ISBN 80-85794-83-7 dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Hlavn%C3%AD_strana
- [3] Avair, ing. Alena Knoblochová - diplomová práce, MZLU Brno - červenec 2004 dostupné z: <http://www.avair.cz/index.php>

