



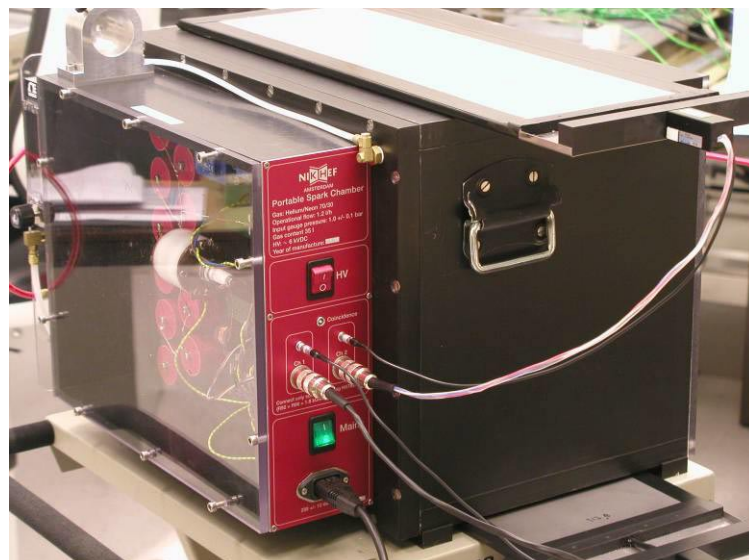
Handleiding voor de draagbare vonkenkamer van Nikhef

Fred Hartjes
F.Hartjes@nikhef.nl

Nikhef
Science Park 103
1098XG Amsterdam
020-592 5010

13 oktober 2009

Versie 3



Disclaimer

Nikhef kan niet aansprakelijk gesteld worden voor eventuele schade door het incorrect handelen, aansluiten of omgang met de Vonkenkamer. De vonkenkamer is eigendom van Nikhef en wordt alleen ter beschikking gesteld in bruikleen.

Gebruik van de vonkenkamer

De vonkenkamer wordt uitsluitend te beschikking gesteld voor demonstraties op tentoonstellingen, musea en bij voordrachten en voor onderwijs (educatieve doeleinden).

De vonkenkamer voldoet aan de volgende richtlijnen:

- 1) laagspanningsrichtlijn (Directive 2006/95/EC, NEN3140)
- 2) Druk vatenrichtlijn (Directive 97/23/EG)
- 3) Arbeidsmiddelenrichtlijn (Directive 89/665/EEG)

Waarschuwing



Het is verboden de vonkenkamer te openen, dit is voorbehouden aan medewerkers van Nikhef. Door het openen van de vonkenkamer ontstaat levensgevaar door het aanraken van onderdelen die onder hoogspanning (6000 V) staan.



De vonkenkamer zendt een krachtige elektromagnetische puls uit tijdens het vonken. Dit kan de werking van een pacemaker negatief beïnvloeden. De EMC-richtlijn (Directive 2004/108/EC) is niet van toepassing aangezien het een arbeidsmiddel betreft voor demonstratie- en educatieve doeleinden.



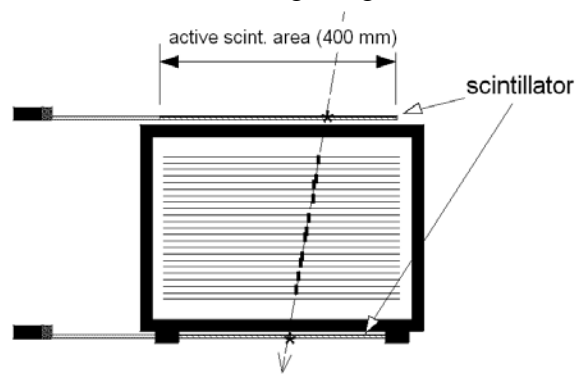
Het gewicht van de vonkenkamer is hoger dan 25 kg. Til, draag en verplaats de vonkenkamer altijd met minstens 2 personen.

Naam/Functie	Datum	Paraaf
F. Hartjes/Fysicus		
M. Vervoort/Veiligheidkundige		

1. Inleiding

a. Doel

De vonkenkamer dient voor het zichtbaar maken van kosmische straling t.b.v. educatieve doeleinden. Het apparaat is gewoonlijk in rusttoestand en wordt alleen geactiveerd door de passage van een geladen elementair deeltje dat genoeg energie heeft om beide scintillatoren te passeren. Het apparaat registreert dus geen laag energetische deeltjes zoals deeltjes als gevolg van radioactief verval (α , β en γ straling). Kosmische straling kan wel worden waargenomen. Deze vorm van straling bereikt de aarde meestal als hoogenergetische protonen die in de hogere lagen van de atmosfeer vervallen tot een veelvoud van andere geladen deeltjes waaronder muonen. Alleen hoogenergetische muonen (een soort zware elektronen) zijn in staat de rest van de dampkring en het vele materiaal van het gebouw waarin we ons bevinden, te passeren. De sporen die we in de vonkenkamer zien zijn dus vrijwel altijd van deze deeltjes afkomstig.



b. Werking van de vonkenkamer

Het zichtbaar maken van elementaire deeltjes met de vonkenkamer begint bij de scintillatoren. Dit zijn platen van perspex met een toevoeging die een lichtflitsje afgeven als er een geladen elementair deeltje doorheen vliegt. Het lichtflitsje wordt met optische fibers naar een fotomultiplicator geleid die er een elektrisch pulsje van maakt. De platen van de vonkenkamer hebben in dit stadium nog geen spanning.

Wanneer de triggerlektronica constateert dat beide fotomultiplicatoren op hetzelfde moment een pulsje afgeven, dan worden de platen van de vonkenkamer om en om snel op hoogspanning gebracht door middel van de spark gap (de witte bus die zich aan de achterkant bevindt). De tussenliggende platen blijven op aardpotentiala staan.

In het gas tussen de platen bevindt zich nu nog een klein aantal elektronen die zijn vrijgemaakt door interactie van het passerende deeltje met het gas. Door het plotseling ontstane spanningsverschil tussen de platen worden deze elektronen versneld en vormen zo de kern van een vonkontlading. Op deze manier wordt de baan van het deeltje zichtbaar gemaakt.

Vaak is het spoor van een deeltje zichtbaar als een mooie rechte lijn dwars door de vonkenkamer heen. Maar het komt ook voor dat er nauwelijks een spoor zichtbaar is omdat de scintillatoren door twee verschillende deeltjes gelijktijdig worden geraakt (shower). In dit geval geeft de vonkenkamer grotendeels een verspreid beeld van ontladingen weer.

c. Gas

Voor de goede werking van de vonkenkamer dient deze met een geschikt gasmengsel te worden gevuld. Dit mengsel bestaat grotendeels

uit helium waarin vonkontladingen zich bij relatief lage spanning kunnen ontwikkelen. 30% neon is toegevoegd voor een betere zichtbaarheid van de vonken. De vonken krijgen hierdoor een roze kleur.

De vonkontlading ontstaat in een voldoende hoog elektrisch veld. De ionisatie van het passerende deeltje fungeert hier als startpunt van de ontlading. Wanneer er te veel zuurstof in het gas zit dan worden de vrije elektronen voortijdig ingevangen door een O_2 molecuul waardoor een O_2^- ion ontstaat. Omdat ionen ongeveer 1000 x zwaarder zijn dan vrije elektronen zullen ze niet gemakkelijk tot een vonkontlading leiden. De vonkenkamer werkt dus niet met veel zuurstof in het gas.

Door de kunststof wanden van het apparaat diffundeert voortdurend zuurstof, waardoor een continue gasstroom nodig is om de zuurstofconcentratie in het gasmengsel voldoende laag te houden. Uit ervaring is gebleken dat een gasstroom van 1.3 l/uur hiervoor voldoende is.

d. Gasfles

Meestal gebruik je voor de gasvoorziening een 10 liter gasfles (voldoende voor ca 50 dagen continu gebruik). Voor een demonstratie op dezelfde dag is het handiger een spuitbus te gebruiken (voldoende voor ca 12 uur).

2. Installeren en afregelen van het gassysteem

a. 10 liter gasfles aansluiten

Zet de gasfles rechtop tegen een tafelblad vast met de flessenklem. Verwijder de beschermkap voor zover aanwezig, schroef het FM62 reduceerventiel (*let er op dat de nylon ring in het reduceerventiel aanwezig is*) op de afsluiter en draai de moer met een steeksleutel vast.

Doe dit stevig maar overdrijf het niet (vast is vast). Steek de messing snelkoppeling aan de slang in de rode snelkoppeling op de vonkenkamer tot je een klik hoort. Draai de afsluiter van de gasfles open. Controleer de uitgangsdruk van het reduceerventiel,



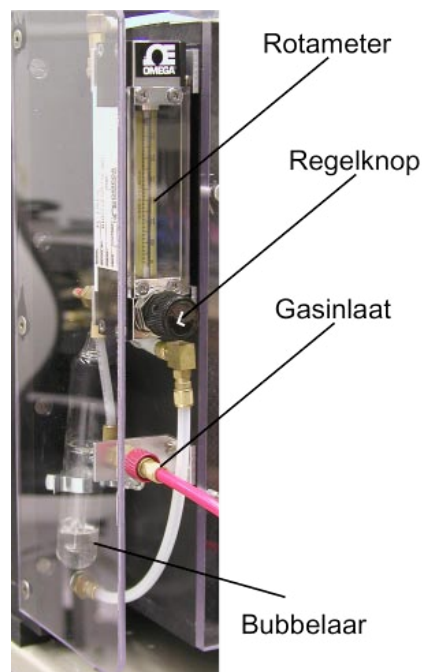
Gasfles met flessenklem en reduceerventiel

dit moet 1.0 +/- 0.1 bar¹ zijn. Gebruik een 8 mm inbussleutel om eventueel de druk in te stellen.

¹ De uitgangsdruk kan worden bijgesteld met de 8 mm inbussleutel. Als de druk te hoog blijkt te zijn, draai dan de regelschroef wat naar links en laat een beetje gas ontsnappen door de slang even van de vonkenkamer los te koppelen. Stel de druk alleen af als dat echt nodig is.



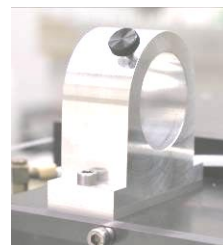
FM62 reduceerventiel



Rotameter met bubbelaar

1 liter spuitbus aansluiten

Monteer de klem van het GLOOR tiel op de vonkenkamer, schuif het reduceerventiel er in en borg het met de klemschroef. Steek de messing snelkoppeling aan het eind van de slang in de rode snelkoppeling op de vonkenmer tot je een klik hoort (zie foto rotameter) Draai daarna de spuitbus snel op het reduceerventiel. Je hoort dan even kort wat gas ontsnappen. Draai vooral niet verder door dan nodig is en gebruik geen kracht om de O-ring van het ventiel niet te beschadigen. Controleer de uitgangsdruk van het reduceerventiel, dit moet $1.0 \pm 0.1 \text{ bar}^2$ zijn. Eventueel nastellen met een schroevendraaier.



GLOOR klem

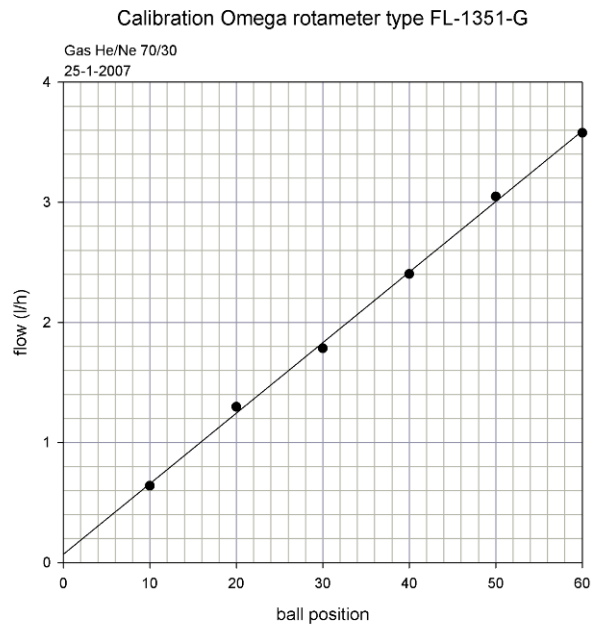


Spuitbus met GLOOR reduceerventiel op vonkenkamer

² Als de druk te hoog blijkt te zijn, draai dan de regelschroef wat naar links en laat een beetje gas ontsnappen door de slang even van de vonkenkamer los te koppelen. Stel de druk alleen af als dat echt nodig is.

b. Conditioneren van de vonkenkamer

Als de vonkenkamer helemaal geen gas meer bevat dan moet je 190 liter doorspoelen om een voldoende lage zuurstofconcentratie ($1^{0}/_{00}$) te krijgen. Zet dan de vonkenkamer gedurende één etmaal op de hoogste gasstroom (regelknop op de rotameter helemaal open gedraaid). Dit geeft een gasstroom van ca 8 l/h waarmee het gasvolume in 4.5



uur eenmaal is doorgespoeld en de zuurstofconcentratie tot 37% van de oorspronkelijke waarde is verminderd. Je kunt controleren of er al voldoende gas is gespoeld door naar de drukverandering in de gasfles te kijken. Met de 10 l gasfles moet de druk in dit geval met 19 bar zijn afgenomen.

Wanneer de zuurstofconcentratie te hoog is (de vonkenkamer werkt slecht, weinig of geen vonken), dan is er waarschijnlijk te veel lucht in het gas en moet er ook enige tijd – maximaal één etmaal - op de hoogste gasstroom worden gespoeld om de kamer weer op conditie te krijgen.

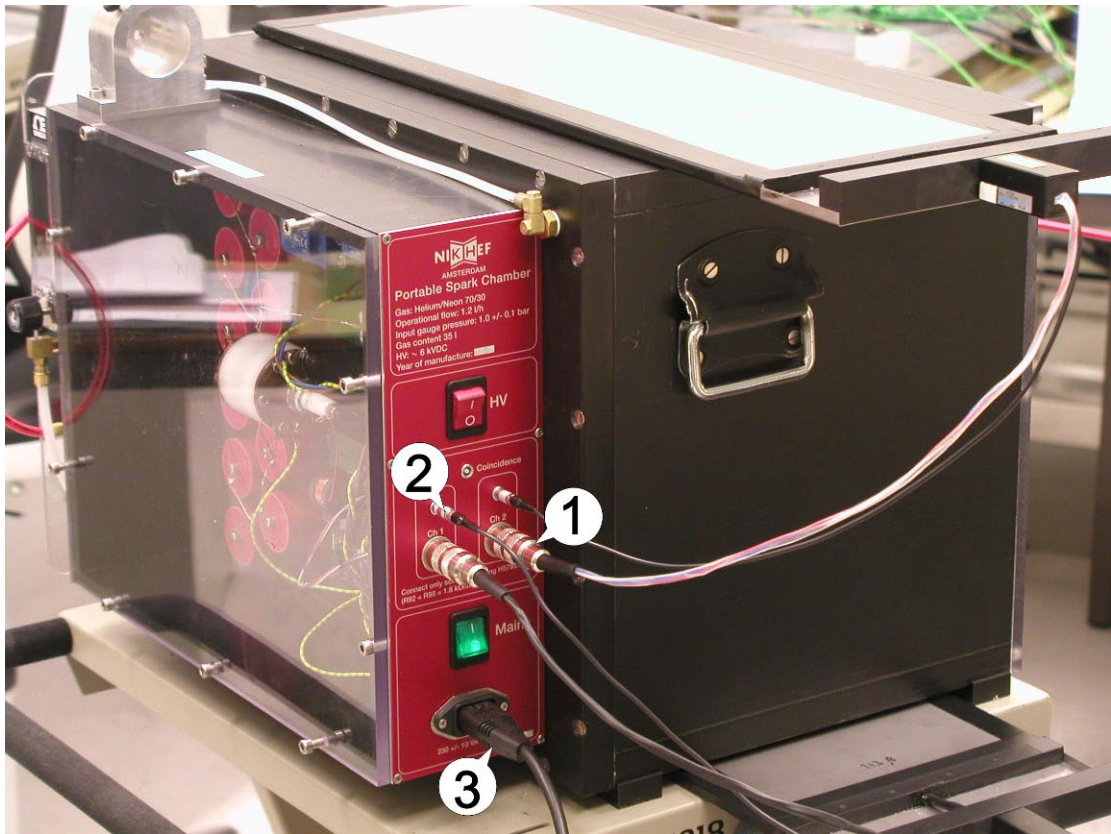
c. Gasstroom voor continu gebruik

Stel het zwarte balletje van de rotameter af op positie 20 met de zwarte knop. Dit geeft een gasstroom van ca 1.3 l/h, één volume wisseling per dag. Met de kleine 10 l gasfles gebruik je dan 3 bar per dag. Verander nooit de verzegelde instelling van de messing flow-regelaar aan de achterzijde van de rotameter. Controleer of de bubbelaar werkt (bubbelt) bij stand 20.

Als de vonkenkamer langer dan 5 dagen niet in gebruik is, dan is het voordeliger om de gasstroom helemaal te stoppen en weer opnieuw te beginnen met een dag spoelen met een gasstroom van 8 l/h wanneer dat nodig is.

Maak de gasfles nooit helemaal leeg maar laat minimaal een restdruk van 1 bar achter.

3. Elektrische aansluiting



Vonkenkamer met volledige elektrische aansluiting

Gebruik alleen scintillatoren met een H5783 fotomultiplicator, een ander type scintillator werkt niet met deze vonkenkamer. Deze scintillatoren zijn uitgevoerd met een 50 cm lang kabeltje met een DIN schroefconnector(1) voor de elektrische voeding. Het signaal wordt gegeven door de 50 cm lange afgeschermde kabel met de Lemo 00 connector(2). Verbind beide kabels van iedere scintillator met de connectors op de bedieningsplaat die aangeduid zijn met respectievelijk “CH1” en “CH2”. Het is niet nodig onderscheid te maken tussen de scintillatoren. De “COINCIDENCE” connector op de bedieningsplaat geeft gelijktijdige trigger pulsen weer en wordt niet gebruikt voor demonstraties.

Verbind verder de vonkenkamer via het euro netsnoer(3) met de netspanning.

4. Bedrijf

Plaats één van de scintillatoren op de vonkenkamer en schuif de andere eronder. Een oppervlak van 20 x 40 cm van de scintillator is actief, het einde hiervan is aangegeven door een zwarte streep.

Wanneer het gas van de vonkenkamer van voldoende kwaliteit is (zie paragraaf 2) en de scintillatoren en de netspanning zijn aangesloten, kan de vonkenkamer in bedrijf worden gesteld door het omschakelen van de “MAINS” schakelaar(4) en daarna de “HV” schakelaar(5).

Kortstondig uitschakelen van de vonkenkamer kan het beste gebeuren door alleen de “HV” schakelaar(5) om te zetten. Schakel voor langdurig uitzetten altijd eerst de “HV” schakelaar(5) uit en wacht enkele ogenblikken tot de kamer niet meer vuurt. Hierdoor worden de hoogspanningscondensatoren grotendeels ontladen. Zet daarna pas de “MAINS” schakelaar(4) uit.

De hoeveelheid kosmische straling die wordt waargenomen hangt af van de hoeveelheid materiaal die de deeltjes moeten passeren. In een keldergewelf of onder enkele dikke betonnen plafonds zijn veel minder deeltjes zichtbaar dan bijvoorbeeld onder een dun dak.

5. Gereedmaken voor transport

- a. *10 liter gasfles.* Draai de afsluiter van de gasfles dicht en koppel op de vonkenkamer de slang los uit de rode snelkoppeling door de rode ring naar binnen te duwen. De rode snelkoppeling sluit automatisch af zodra de slang is verwijderd. Het reduceerventiel is hiermee drukvrij gemaakt en kan worden losgeschroefd van de fles. Pas op dat je de nylon ring van de koppeling op de fles niet kwijtraakt. Plaats de schroefkap op de fles (voor zover aanwezig) om de afsluiter tijdens transport te beschermen. Vervoer de fles nooit met opgeschroefd reduceerventiel. Het vervoer van gassen valt in principe onder de ADR met een uitgebreide regelgeving. Deze regels gelden echter niet voor het vervoer van een gasfles van 10 liter wat wordt gezien als een ‘geringe hoeveelheid’. Hiervoor gelden de volgende regels: de fles moet dusdanig zijn vastgezet dat deze niet vrij in de auto kan bewegen en tijdens een noodstop (lees hevig remmen) door de auto kan bewegen als een ongeleid projectiel. Deze regels vallen onder ‘goed huisvaderschap’.
- b. *Spuitbus.* Sluit de spuitbus vlak vóór het transport aan op een reeds geconditioneerde kamer en houd hem tijdens het transport aangesloten. Het wordt aanbevolen dit ook te doen wanneer de 10l gasfles gebruikt zal gaan worden. Zonder een continue gasstroom zal de kamer vooral in de winter afkoelen waardoor onderdruk zou kunnen ontstaan en er via altijd aanwezige kleine lekken lucht zou worden aangezogen.
- c. *Koppel de netspanning en de scintillatoren los* van de vonkenkamer
- d. *Verzamel alle toebehoren* (netsnoer, scintillatoren, gasfles, reduceerventiel, steeksleutel 30 mm, inbussleutel 8 mm, tafelklem, spuitbus met toebehoren en handleiding).



6. Waarschuwing

Vanwege het optreden van een elektromagnetische puls bij iedere ontlading is het gebruik van de vonkenkamer alleen toegestaan in op tentoonstellingen en bij educatieve demonstraties bij bediening door een gebruiker die op de hoogte is van de veiligheidsrisico's, in het bijzonder voor dragers van een pacemaker.

7. Veiligheidsrisico

a. Gas

Het gebruikte gas (70% helium en 30% neon) is niet giftig en kan zonder bezwaar in kleine hoeveelheden worden ingeademd. Gebruik de vonkenkamer niet in een kleine, slecht geventileerde ruimte om het gevaar van verstikking te vermijden.

b. Hoogspanning

Binnenin de vonkenkamer wordt een hoogspanning van ongeveer 6000 V gebruikt die voldoende is afgeschermd. Deze levensgevaarlijke spanning kan ook nog lang aanwezig blijven nadat het apparaat is uitgezet. Open daarom NOOIT het elektronica compartiment aan de achterzijde. *Reparatie en onderhoud mag alleen gebeuren door gekwalificeerde technici op Nikhef.*

c. Elektromagnetische storing

Tijdens het vuren van de vonkenkamer ontstaat onvermijdelijk een vrij krachtige elektromagnetische puls. Deze puls kan storing geven (tikgeluiden) op elektromagnetische ontvangers (radio, TV) en wellicht ook op draagbare elektronische apparatuur (MP3 spelers, mobieltjes). Bij problemen hiermee dient men contact op te nemen met Nikhef. Met computers is tot nu toe geen storing waargenomen.

Waarschuwing: de elektromagnetische pulsen (EMP) kunnen risico opleveren voor mensen met een pacemaker. De EMP kan de werking van de pacemaker negatief beïnvloeden.

8. Onderhoud

a. Uitwendig reinigen.

De vonkenkamer bevat elektrische componenten en een hoogspanningsvoeding terwijl de behuizing grotendeels uit PVC plaat en transparante kunststof plaat bestaat. Gebruik daarom NOOIT water en organische oplosmiddelen zoals alcohol, spiritus of aceton om de kamer schoon te maken maar uitsluitende een (licht bevochtigde) doek.

b. Periodiek onderhoud.

De kamer moet eenmaal per jaar voor onderhoud naar Nikhef worden gebracht.

9. Storingen

a. Er zijn geen vonken zichtbaar

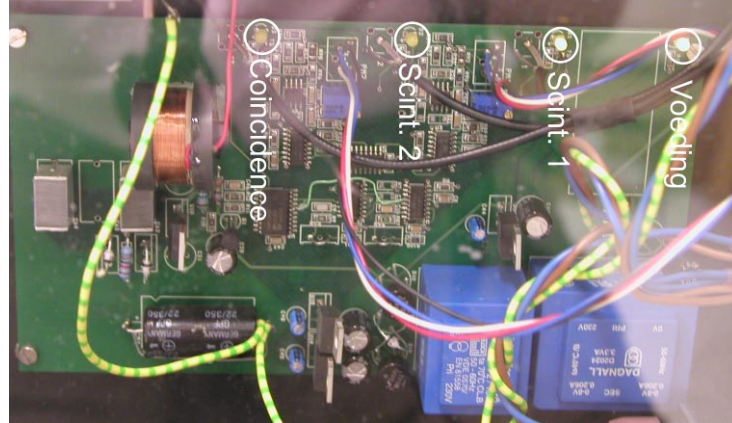
i. Controleer of de netspanning verbonden is en het apparaat volledig ingeschakeld is (de MAINS en de HV schakelaar zijn verlicht).

ii. Controleer of de sparkgap (de witte bus in het elektronica compartiment) onregelmatig oplicht met een frequentie van 0.15 – 1 Hz. Indien dat niet het geval is, controleer dan de werking van de scintillatoren aan de hand van de vier gele LEDs op het trigger board die aan de achterkant van het apparaat zichtbaar zijn.

De meest rechtse LED moet altijd branden (voeding van het trigger board).

De twee LEDs daarnaast geven aan of er pulsen van de scintillatoren zijn. Zij branden vrijwel altijd met soms kortstondige (~ 0.1 s) interrupties. Controleer de aansluiting van de scintillatoren als een van hen niet vrijwel permanent verlicht is.

De meest linkse LED geeft de coincidenties aan. Deze flitst onregelmatig op met frequentie van 0.15 – 1 Hz.



Trigger board

- iii. Indien de sparkgap wel vuurt maar er geen vonken zichtbaar zijn, dan bevat het gas mogelijk te veel zuurstof of is de kamer onvoldoende doorgespoeld. Wanneer de gasstroom onderbroken wordt, dringt er via lekken in de behuizing snel lucht binnen wanneer er onderdruk ontstaat. Onderdruk kan optreden door diffusie door de wanden (helium diffundeert veel sneller naar buiten dan lucht naar binnen diffundeert), veranderingen van de barometerdruk en temperatuurschommelingen. Spoel de kamer geruime tijd door (zie 0.) om zeker te zijn dat het gas van voldoende kwaliteit is.

Controleer ook of de bubbelaar nog werkt. Als dat niet meer het geval is dan kan er mogelijk een groot lek zijn waardoor lucht de vonkenkamer binnendringt. Er kan ook een defect zijn in de gastoevoer na de rotameter. In deze gevallen moet de vonkenkamer naar Nikhef worden teruggestuurd.

- b. Onregelmatige vonken, vonken helemaal achterin, geen duidelijke sporen
 - i. Vonkensporen helemaal achterin kunnen optreden als de kamer onvoldoende gespoeld is. Het gas aan de achterkant is dan zuiverder dan het gas tussen de platen waardoor vonken zich bij voorkeur achteraan ontwikkelen. Dit effect verdwijnt geleidelijk na een aantal uren spoelen.
 - ii. Controleer of de scintillatoren goed geplaatst zijn: één bovenop de kamer, één onder de kamer. Let er op dat de scintillator alleen maar gevoelig is over een lengte van 40 cm tot aan de zwarte lijn.
 - iii. Bij andere storingen moet het apparaat naar Nikhef worden teruggebracht voor reparatie.

- c. De bubbelaar laat geen gasstroom meer zien, maar de kamer werkt verder normaal.

Dit is een aanduiding van een gaslek. Er hoeft geen onmiddellijke actie te worden ondernomen, de storing wordt bij het jaarlijkse onderhoud verholpen.

8. Specificaties Nikhef draagbare vonkenkamer

Gas volume: 35 l

Samenstelling kamergas: He/Ne 70/30

Minimale gasstroom tijdens bedrijf: 1.3 l/h (2.77s/ml)

Gasstroom tijdens conditioneren: 8 l/h (22.5s/50ml)

Maximale zuurstofconcentratie: 1%.

Hoogspanning: + 5.5-6 kVDC

Plaat capaciteit: 152 pF

Capaciteit koppelcondensator: 2500 pF

Capaciteit totale platen pakket: 29 nF

Scintillator input CH1 en CH2

Voeding via 5p DIN connector IEC 60130-9

Discriminatie niveau: -30 mV

Impedantie: 470 Ω

Netspanning 230 +/- 10 VAC

Gewicht: 34 kg (zonder scintillatoren en andere toebehoren)

10. Samenstelling vonkenkamerpakket met de 10 liter gasfles (gebruik voor langere tijd)

- 1 gasfles inhoud 10 liter
- 1 euro netsnoer 2m
- 1 tafelklem voor de gasfles
- 1 reduceerventiel FM62 200/1.5 bar met RU1 fles aansluiting afgesteld op 1.0 bar uitgangsdruk voorzien van 2 m polyamide slang en Kuhnke snelkoppeling
- 1 vonkenkamer
- 2 scintillatoren met H5783 PM
- 1 steeksleutel 30 mm
- 1 inbussleutel 8 mm voor eventueel afstellen van het reduceerventiel (*niet op foto*)
- 1 handleiding
- 1 beknopte handleiding
- 1 koker met posters over proton verval in de atmosfeer
- 1 flight case voor scintillatoren



11. Samenstelling vonkenkamerpakket met de 1 liter spuitbus (gebruik voor maximaal 12 uur)

- 1 vonkenkamer met 1 liter spuitbus, GLOOR reduceerventiel met slang en ventielklem
- 1 euro netsnoer 2m
- 2 scintillatoren met H5783 PM
- 1 handleiding
- 1 beknopte handleiding
- 1 koker met posters over proton verval in de atmosfeer
- 1 flight case voor scintillatoren

