

### Mlžná komora RayTraX1

Kat. Číslo 100.9040



Obr. 1 Záření  $\alpha$  vycházející z preparátu Ra-226

Obr. 2 Záření  $\alpha$  vycházející z thoriové žárové punčošky nebo ze záření z okolního prostředí

### Historie

V době objevení radioaktivity neexistovaly kromě zčernání fotografických desek působením radioaktivních paprsků žádné použitelné metody zobrazení tohoto nového fenoménu. Teprve v průběhu času byly vedle scintilátorů jako např. ZnS, vyvinuty ionizační počítače (Geiger-Müllerův počítač) a expanzní mlžné komory. Zejména mlžné komory byly vhodné k přiblížení a vysvětlení nového druhu záření většímu okruhu osob. Nevýhody expanzní komory, zejména obtížná manipulace a jen krátká viditelnost jevu, vedly k vynalezení kontinuálně fungující mlžné komory, s níž se navíc dalo snadno manipulovat.

### Fyzikální princip

Záření  $\alpha$ ,  $\beta$  a  $\gamma$ , které emituje například preparát  $^{226}\text{Ra}$ , lze prokázat na základě jeho ionizačního účinku v mlžné komoře. Částice mají při rozpadu preparátu  $^{226}\text{Ra}$  značnou energii několik MeV, díky níž plynové molekuly začnou při srážce ionizovat. Zajistíte-li nyní přesycenou atmosféru z isopropanolu nebo etanolu, vytvoří ionty

vytvořené ostřelováním částic zárodky kondenzace pro vznik mlhy. Podél dráhy radioaktivních částic vznikne mlžná stopa, obdobně jako kondenzační stopa tryskového letadla letícího ve stratosféře. Přesycení párou lze zajistit vytvořením teplotního gradientu shora dolů v recipientu naplněném lihovým výparem.

Obvykle je teplota horní části recipientu stejná jako teplota v místnosti (zde se ještě nevytváří žádné přesycení). Dolní oblast recipientu se silně ochlazuje, takže se v teplotním gradientu vytváří oblast přesycení, v níž se radioaktivní částice prozrazuje svojí mlžnou stopou. Nepotřebuje již expandovat, proces je permanentně v chodu, dokud je k dispozici dostatečné množství alkoholu. Silné boční osvětlení může tento proces zviditelnit také pro větší skupinu osob.

### Všeobecný popis



recipient

vysoce výkonné LED  
osvětlení

základní deska s Peltierovým  
článkem a vodním chlazením

víko se zásobníkem isopropanolu  
(75 % - 90 %)

Obr. 1 Komponenty mlžné komory

### Složení

- ✓ Základní deska s Peltierovým článkem a výměníkem tepla
- ✓ Nasazovací vysoko výkonné LED osvětlení se zabudovaným ventilátorem
- ✓ Recipient z plexiskla
- ✓ Víko se zásobníkem pro isopropanol
- ✓ Stojanový držák 12 mm x 120 mm (bez vyobrazení)

Mižná komora 100.9040 má kompaktní konstrukci a je umístěna na základní desce z eloxovaného hliníku. Na desku o rozměrech 125 x 125 mm<sup>2</sup> lze ze strany nasadit LED osvětlení. Uvnitř se nachází výměník tepla, provozovaný s vodou z vodovodu (cca 2 litry/min.), který zajišťuje chlazení teplé strany Peltierova článku. Potřebná provozní teplota -32 °C na začerněné hliníkové chladicí desce se vytváří na studené straně Peltierova článku. Nejnižší teplota této desky závisí na teplotě vody, přičemž teplota vody pro zviditelnění ionizačních stop musí být nižší než 20 °C (optimální výsledky jsou dosaženy při teplotách vody od 14 °C do 18 °C). Zde jsou dosahovány teploty povrchu na studené straně Peltierova článku až -34 °C.

Teplotu vody můžete zkontrolovat pomocí zapichovacího teploměru, který zasunete ze strany do výměníku tepla. Uvnitř recipientu z plexiskla můžete sledovat stopy radioaktivních částic. Vnitřní průměr a konstrukční výška recipientu 100 mm umožňují pohodlné postranní sledování černé chladicí desky, na niž se kontrastně objevují stopy ionizace.

### **Upozornění**

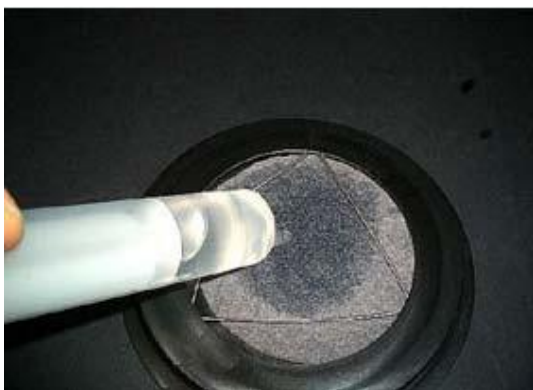
Mižnou komoru je nutno s použitím přibaleného stojanového držáku postavit do stabilního podstavce (není součástí dodávky). Je nutno dávat pozor, aby byly hadice pro vodní chlazení a kabel pro napájení proudem položeny tak, aby o ně žáci nemohli při procházení okolo sady k provedení pokusu zavadit.

### **Osvětlení a chlazení**

Speciální vysoce výkonné LED osvětlení zasuňte ze strany, bude tak napájeno společně s chladicím článkem pomocí síťového zdroje. Recipient z plexiskla lícuje přesně s hliníkovou deskou a stojí na základní desce. Teplotní čidlo (není součástí dodávky) lze po nadzvednutí recipientu zasunout do bočního otvoru chladicí desky, takže můžete v případě potřeby zjistit teplotu chladicí desky.

### Doplnění isopropanolu

Spodní strana recipientu – víko obsahuje plstěnou destičku, která se napustí **5 ml** isopropanolu nebo etanolu (obr. 2). Nepoužívejte čistý isopropanol, ale **90% až 75%** alkohol. **Podíl vody podporuje zvýšenou kondenzaci.** Příliš vysoký podíl vody způsobí rychlé zamrznutí základní desky nebo preparátu. Při použití čistého alkoholu není zaručen spolehlivý provoz.



Obr. 2  
Nanesení isopropanolu nebo etanolu na plst' ve víku recipientu

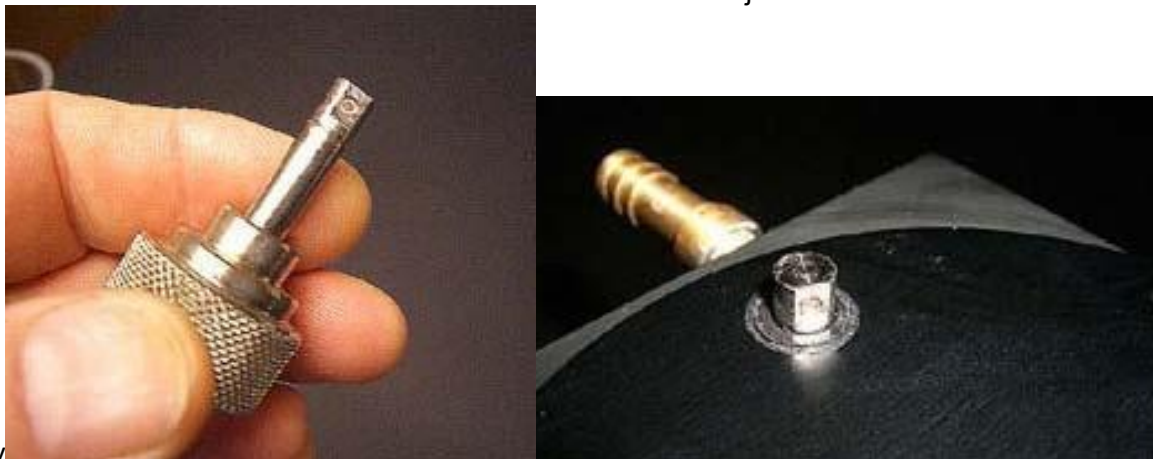
### Upozornění

Při manipulaci s isopropanolem nebo etanolem je nutno dávat pozor na to, aby se v blízkosti nenacházel otevřený plamen nebo jiskry. V okolí nesmíte provozovat Bunsenův hořák nebo topné desky. Také se zde nesmí kouřit.

Pamatujte na to, že i po ukončení pokusu mohou vznikat alkoholové výpary způsobené zbytky isopropanolu nebo etanolu v plsti ve víku. Dbejte na dobré větrání místnosti během pokusu a po skončení pokusu.

Vhodný preparát 226 Ra (zdroj záření 1009018 ) můžete zašroubovat zesponu do základní desky, takže jeho otvor bude směřovat na horní straně desky je středu komory (obr. 3).

Obr. 3 Umístění zdroje záření do mlžné



komory

Po nasazení víka a zavedení provozního napětí 12..15 V můžete při protékání dostatečně studené vody a teplotě chladicí desky nižší než  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  pozorovat v recipientu po cca 5 minutách stopy dráhy radioaktivních částic z preparátu. Proces je viditelný tak dlouho, dokud se v plsti ve víku nachází alkohol. Kvůli velkému teplotnímu gradientu mezi horní a dolní částí působí hliníková deska jako kryopumpa a plst' vysychá. Po opětovném napuštění plsti alkoholem může názorná ukázka procesu pokračovat.

### Uvedení mlžné komory do provozu

Potřebujete níže uvedená zařízení, resp. musíte provést následující přípravy:

1. **Řízený síťový zdroj 0...15 V, 0...10 A s vyhlazeným(!) stejnosměrným napětím.** Jednoduchý regulační transformátor s usměrněním nestačí. Mlžnou komoru lze také provozovat s 12V autobaterií.
2. **Přípojka studené vody** s průtokem cca 2 litry/min. Teplota vody by neměla překročit  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ve školách jsou vodovodní trubky obvykle velmi dlouhé a po otevření kohoutku teče nejprve jen vlažná voda. Pokud však necháte vodu nějakou dobu téci, ochladí se na požadovanou teplotu.

3. Připravte třídu tak, že ji v případě potřeby zatemníte.
4. **Podstavec** se středovým otvorem s min.  $\varnothing$  12 mm.
5. **Radioaktivní preparát.** Nejsnazší je manipulace se zdrojem záření CL 09018 z rádia 226 se zcela neškodnými emisemi 3,7 kBq. Mlžná komora je pro tento zdroj záření připravena s mechanismem pro zašroubování. Na dno komory můžete také položit libovolný jiný radioaktivní preparát (např. thoriovou žárovou punčošku nebo přírodní radioaktivní preparáty jako radioaktivní horniny atd.). Bez radioaktivního preparátu lze zviditelnit ionizační stopy přirozené radioaktivity z okolního prostředí (cca 20-30 známek rozpadu za minutu).

Zašroubujte kovovou tyčinku se závitem M6 x 10 do spodní strany mlžné komory do příslušného závitového otvoru a postavte komoru na stabilní tříramenný podstavec. Na bočních hranách základní desky se nacházejí níže uvedené komponenty:

1. strana Červená výstražná LED a otvor pro měření teploty vody.  
Tato strana by měla směřovat k pozorovateli (obr. 4)



Obr. 4 Výstražná LED (ochrana proti přehřátí) a otvor pro měření teploty

### Upozornění

Pokud se LED rozsvítí, musí se přerušit přívod napětí. Po ochlazení teplé strany Peltierova článku na cca 36 °C se termosnímač opět zapne.

2. strana Vpravo od 1. strany jsou zdířky pro provozní napětí 12...15 V. Červená zdířka je + pól, černá je - pól. Komora má ochranu proti přepólování, takže při nesprávném připojení pólů se nemůže nic stát (obr. 5)  
Zde připojte síťový zdroj.



Obr. 5 Přípojky pro napájecí napětí 12-15 V / 8 A

### Upozornění

Při provozu mlžné komory bude mít deska v recipientu teplotu až minus 36 °C. Při dotyku může dojít podle okolností k přimrznutí. Proto po odpojení svorek provozního napětí počkejte cca 5 minut, než desku začnete čistit. Vysoušečem vlasů můžete desku příp. rychle ohřát na teplotu v místnosti.

3. strana Vzadu naproti první straně najdete 2 zapuštěné zdířky, do nichž můžete zapojit LED lampu. Zapojte lampu tak, aby světlo mohlo svítit nad černou hliníkovou desku. Také zde je ochrana proti přepólování (obr. 6).



Obr. 6 Přípojky pro zásuvné LED osvětlení

### Upozornění

**Dejte prosím pozor, abyste nikdy nezaměnili zdířky pro LED osvětlení a napájecí napětí. Důsledkem je zničení regulátoru pevného napětí zabudovaného v mlízné komoře!**

4. strana Vlevo od čelní strany je vodní přípojka pro beztlakou gumovou nebo plastovou hadici o  $\varnothing$  10 mm, která je k dispozici všude ve školách (v chemii) (obr. 7). Jedna strana je spojena s přívodem vody, druhá strana tvoří odtok vody. Studená voda má jen slabý proud s průtokem maximálně 2 litry/min. Rozhodující je teplota vody, nikoliv množství.



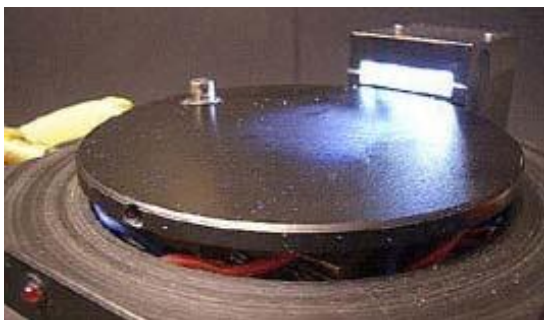
Obr. 7 Přípojky pro okruh chladicí vody

**Zapojte svítidlo do** příslušných **zdířek** (obr. 6).

**Připojte chladicí vodu** a nechte ji téci, příp. i delší dobu, než bude voda dostatečně studená.



**Zaveďte dovnitř komory radioaktivní preparát** tím, že odšroubujete malou rýhovanou ochrannou krytku. Zdroj záření 10 09018 můžete zašroubovat ze spodní strany základní desky do hliníkové chladicí desky tak, aby jeho emise směřovaly ke středu desky. Jiné preparáty jako např. žárovou punčošku, radioaktivní horninu, ciferníky starých hodinek jednoduše položte na okraj hliníkové chladicí desky.



Obr. 8 Mlžná komora připravená s radioaktivním preparátem

**Nasadte recipient na základní desku** tak, aby se boční otvor recipientu a boční otvor hliníkové desky kryly. Oba otvory se nacházejí na straně 1 základní desky, směřují tedy k pozorovateli.

Zaveďte příp. přístroj pro měření teploty do obou otvorů.

**Napustte plst' ve víku cca 5 ccm etanolu** nebo ideálně isopropanolu (obr. 2) a nasadte víko nahoru tak, aby se plst' nacházela uvnitř komory. Plst' by měla obsahovat takové množství alkoholu, aby alkohol nekapal dolů.

**Mlžná komora je teď připravena k provozu.** Zapněte síťový zdroj a regulujte pomalu provozní napětí na požadovanou hodnotu 15 V, nyní protéká proud cca 8 A. Od cca 7 voltů začne fungovat LED světlo, které vysílá svazek paprsků bílého světla nad hliníkovou chladicí desku. Pozorovatel se dívá proti tomuto světlu.

### Pozorování ionizačních stop v mlžné komoře

Teploměr zasunutý do hliníkové chladicí desky ukazuje nyní rapidně klesající teplotu desky. Od -10 °C se nad dnem komory tvoří difúzní mlha, která značí, že v plsti ve víku je alkohol, který nyní kondenzuje nad deskou.

**Další pokles teploty až na -34 °C zajistí po 5...10 minutách přesycení** atmosféry a nyní **jsou viditelné první řízené mlžné stopy**. Vycházejí z preparátu ve formě paprsků a oznamují přítomnost radioaktivního záření.

Po určité době je komora zaplněna mlžnými stopami.

Srážky z vlhkosti vznikající kruhovitě z vnější strany na recipientu, nenarušují proces, protože jsou

odstraňovány ventilátorem integrovaným v LED svítidle.

Dokud je v plsti ve víku dostatečné množství alkoholu, jsou vidět mlžné stopy. Při 5 ml isopropanolu vydrží mlžné stopy cca 1 hodinu.

### „Triky“

Při přebytku iontů v komoře mohou být mlžné stopy neostré a rozmazané. Zde pomůže lehké otření recipientu z plexiskla suchým měkkým hadříkem nebo kožešinou, takto vzniklá statická elektřina odstraní přebytek iontů. Kondenzaci vlhkosti a námrazu v dolní oblasti recipientu můžete snadno odstranit pomocí vysoušeče vlasů s teplým vzduchem a znovu tak vytvořit původní kontrast obrazu.

### Pozor

Látky, které snižují povrchové napětí kapalin, mohou citelně narušit tvorbu mlžných stop.  
**Zabraňte proto jakémukoli kontaktu komory s mýdlovými roztoky, zejména při čištění.**

### Odstavení mlžné komory z provozu

- Nejprve snižte výstupní napětí síťového zdroje a poté zdroj vypněte, odstraňte měřicí kabely.
- Poté odpojte přívod chladicí vody.
- Odstraňte případně teplotní čidlo.
- Sejměte víko recipientu a postavte je tak, aby vyschnulo.
- Sejměte recipient a vysušte jej měkkým savým hadříkem. (**Upozornění:** na recipientu by neměly zůstat žádné zbytky alkoholu, protože jinak na něm mohou vzniknout mikrotrhliny a bude mít matný povrch.)
- Sejměte LED osvětlení.
- Vyjměte radioaktivní preparát, bezpečně jej uložte a příp. zašroubujte zespodu krytku.
- Osušte hliníkovou desku (**rada:** pomocí vysoušeče vlasů lze desku rychle ohřát na teplotu v místnosti!)

### Upozornění

**Protože deska může mít teplotu až -34 °C, nepoužívejte hadřík napuštěný vodou, protože za těchto okolností by okamžitě zmrznul. Pokud se tak stane, nechte desku ohřát (příp. ji ohřejte vysoušečem vlasů) a poté odstraňte zbytky.**

**Nepoužívejte žádné mycí prostředky nebo jiné prostředky snižující povrchové napětí.**

- Odpojte hadice na vodu a vyfoukejte vodní chladič.

### Technické údaje

Napájení:	stabilizovaný síťový zdroj 12...16 V DC, 6...8 A
Vodní chlazení:	cca 2 l/min.
Osvětlení	nasazovací vysoce výkonné LED osvětlení (prostorové světlo s regulací)
Tvorba páry:	zvlhčení plsti ve víku 5 ml isopropanolu nebo etanolu
Měření teploty:	voda : zapichovací čidlo do bočního otvoru výměníku tepla chladič : zapichovací čidlo do bočního otvoru recipientu a chladič desky
Provozní teplota:	voda : 14 °C...- 20 °C chladič : -29 °C...-34 °C
Provozní doba:	Po přípravě a zapnutí cca 5-10 minut čekací doba. Proces je viditelný cca 1 hodinu, pak se musí doplnit alkohol.
Pojistka:	Komora je zajištěna proti přepólování, při provozu bez chladič vody se komora při teplotě výměníku tepla 65 °C vypne a při 35 °C se opět zapne (bimetalový spínač)
Údržba :	Základní desku a chladič otřete savým hadříkem, recipient po použití osušte, popřípadě vyleštete leštidlem na plexisklo.
<b>Důležité:</b>	<b>Vnitřní prostor mlžné komory (deska a recipient) nesmí obsahovat žádný tuk nebo mýdlo, v případě potřeby jej očistěte odmašťovacím prostředkem – <u>nepoužívejte</u> mycí prostředky.</b>
<b>Pozor :</b>	<b>Recipient nesmí být po použití vystaven delší dobu působení alkoholu, protože jinak v plexiskle vzniknou mikrotrhliny.</b>

### Když něco nefunguje

#### Porucha / příznak

1. Po zapnutí komory se nic neděje ani po delší době čekání.

#### Možná příčina a odstranění

Chybný síťový zdroj nebo není síťový zdroj správně připojen.

Dodává síťový zdroj 16 voltů při min. 8 A?

Komora je vybavena ochranou proti přepólování. Zkontrolujte zapojení pólů: červená je + černá je

Na síťovém zdroji by měl při opatrném zvyšování napětí protékat proud.

#### *Rozšířená diagnostika chyb:*

Zapojte do hlavního obvodu DC ampérmetr. Pokud zvýšíte napětí, měl by protékat proud několik ampér.

2. LED osvětlení nefunguje

Kontrola dle bodu 1

Je svítidlo správně zapojeno do příslušných zdírek na zadní straně základní desky? Emise světla probíhá nahoře nad chladicí deskou.

#### *Rozšířená diagnostika chyb:*

Otočte základní desku tak, aby byla zadní strana vepředu.

Zapuštěné zdířky teď směřují k Vám, vpravo je +. Změřte pomocí DC voltmetru napětí žárovky, musí být 5 voltů (obr. 6).

#### *Rozšířená diagnostika chyb:*

Připojte na sejmuté svítidlo 5 voltů: vlevo je +, světlo by nyní mělo svítit proti Vám.

3. Po nějaké době se rozsvítí výstražná LED a zařízení je bez proudu (obr. 4)

Žádná nebo příliš málo chladicí vody. Uvnitř základní desky je bezpečnostní teplotní spínač, který se aktivuje při 65 °C. Počkejte 1 hodinu, dokud vnitřní teplota neklesne opětovně pod 35 °C, nebo ochlaďte zařízení pomocí studené vody.

#### 4. Netvoří se žádné mlžné stopy

Změřte teplotu vody (přední strana).

Měla by být nižší než 20 °C.

Příčin může být více:

- a) Žádný radioaktivní preparát. Zajistěte, aby byl v komoře radioaktivní preparát, zajistěte případně pomocí Geigerova čítače, aby preparát také skutečně vyzařoval radioaktivní částice.
- b) Teplota není dostatečně nízká. Teplota hliníkové desky má být -32 °C. Ta je dosažena při teplotě vody nižší než 20 °C a s proudem Peltierova článku cca 8 ampér. Další kontrola dle bodu 1. **Zkontrolujte, zda použitý síťový zdroj dodává vyhlazené stejnosměrné napětí (při pochybnostech je zkontrolujte pomocí osciloskopu!).** Jen usměrněné střídavé napětí podmiňuje zhoršení účinnosti Peltierova článku až o 70 %.
- c) Příliš málo nebo žádný isopropanol. Zkontrolujte plst' ve víku. Měla by být zvlhčená alkoholem, až mokrá. Místo isopropanolu můžete také použít vyčištěný etanol. Známkou začínajícího provozu je tvorba difúzní mlhy, než se objeví mlžné stopy.
- d) Zbytky mýdla účinně brání tvorbě zóny přesycení. Vypněte mlžnou komoru a nechte ji ohřát. Recipient a víko bez plsti očistěte vlažnou vodou. Plst' osušte, vyperte (bez mýdla) a opět usušte. Eloxovaná hliníková deska je obzvláště náchylná k usazování nečistot. Mezeru mezi hliníkovou deskou a základní deskou vyčistěte tamponem, hliníkovou desku několikrát opláchněte vlažnou vodou, osušte a poté očistěte alkoholem nebo vyčištěným acetonem. Nepoužívejte žádné běžné kuchyňské utěrky z papíru, protože jsou často impregnovány prostředky snižujícími povrchové napětí, aby měly vyšší savost. Použijte ideálně čistou utěrku na nádobí vypranou bez aviváže.

Upozornění:

V obrázcích mohou být odchylky, podmíněné neustálým dalším vývojem našich zařízení.