



**NORME PER ATTIVITÀ SPERIMENTALE CON RIVELATORI A GAS
E LASER CLASSE 3R E CLASSE 4
PRESSO IL LABORATORIO RIVELATORI A GAS
EDIFICIO SEGRÈ - SEZIONE INFN ROMA**

Autore	Verificato da	Approvato da
Francesco Renga	Sabina Pellizzoni	Paolo Valente
	Sandro Vescovi	

Versione 1

Rilasciata in data 8 maggio 2025



Sommario

<i>I. Premessa</i>	3
<i>II. Layout dell'ambiente di lavoro</i>	4
<i>III. Descrizione dell'attività sperimentale:</i>	4
<i>IV. Definizione della Zona Laser Controllata (ZLC):</i>	6
<i>V. Dispositivi di protezione</i>	8
<i>VI. Procedure per il corretto utilizzo della strumentazione e dei DPI:</i>	9
<i>VII. Procedura di accesso all'area sperimentale</i>	13
Referenze	14
Allegati	14
APPENDICE I	15
CIRCUITI DI INTERLOCK	15
CONFIGURAZIONE DI DEFAULT	15
CONFIGURAZIONE ALTERNATIVA.....	15
APPENDICE II	16
Mappa della Città Universitaria Sapienza e Planimetria Laboratorio Segrè	16



**NORME PER ATTIVITÀ SPERIMENTALE CON RIVELATORI A GAS
E LASER CLASSE 3R E CLASSE 4
PRESSO IL LABORATORIO RIVELATORI A GAS DELL'EDIFICIO SEGRÈ
SEZIONE INFN ROMA**

I. Premessa

Presso il Laboratorio Rivelatori a Gas dell'edificio Segrè (Appendice 2) è installata una facility per calibrazione di rivelatori a gas tramite ionizzazione a fotoni multipli con fascio laser UV. L'utilizzo di un fascio laser permettere di concentrare la ionizzazione lungo una traiettoria ben definita e riproducibile, consentendo misure accurate delle proprietà di drift delle miscele gassose e calibrazioni della risposta di camere a deriva e time projection chamber.

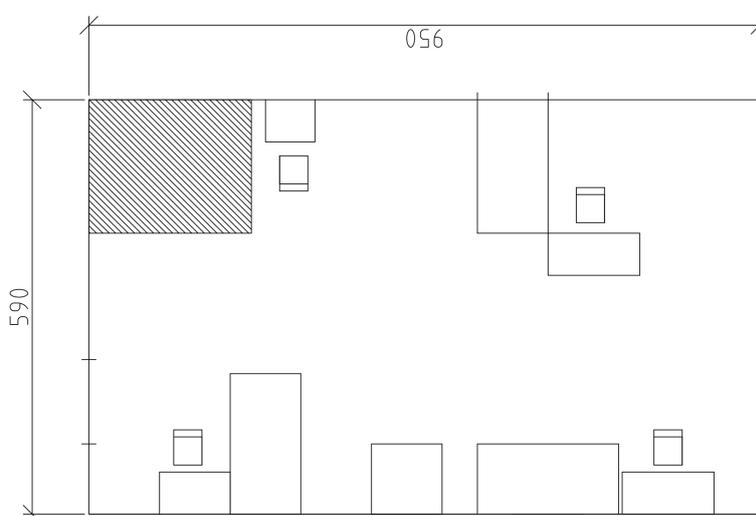
Alla data di inizio delle attività, tutto il personale coinvolto avrà svolto:

- i corsi di formazione sulla sicurezza per lavoratori, livello di rischio base e medio;
- un corso di formazione specifico per l'utilizzo di laser di classe 4;
- avrà modificato la propria scheda di destinazione lavorativa includendo rischio da sorgenti di radiazione laser, rischio da uso di apparecchiature elettroniche, rischio da uso videoterminali.



II. Layout dell'ambiente di lavoro

Un layout semplificato dell'ambiente di lavoro è mostrato in figura, con la localizzazione del banco ottico per l'utilizzo del laser indicata dalla superficie tratteggiata.



III. Descrizione dell'attività sperimentale:

Verranno testate le specifiche operazionali di rivelatori a gas. Un fascio laser, indirizzato all'interno del rivelatore attraverso finestre di quarzo o plastica, e focalizzato al centro del volume attivo, verrà utilizzato per produrre coppie ione-elettrone all'interno del gas, attraverso un meccanismo di ionizzazione a fotoni multipli. I rivelatori saranno instrumentati con Micro-Pattern Gaseous Detectors o, alternativamente, con camere proporzionali a fili. Questo permetterà di misurare alcune caratteristiche relative alla deriva degli elettroni di ionizzazione all'interno della miscela gassosa, quali la velocità di deriva, i coefficienti di diffusione e la probabilità di attachment. In aggiunta, un laser a luce visibile è utilizzato a scopi di allineamento.



• **Strumentazione utilizzata:**

- Laser UV Elforlight mod. FQS-100-1-355 (classe 4) [1]
- Laser a luce rossa (635 nm) Thorlabs mod. CPS635R (classe 3R) [2]
- Visualizzatori di luce UV a fluorescenza [3,4]
- Regolatori di flusso massivi MKS serie 1179B [5] con relativa elettronica di controllo [6,7] e Vögtlin serie Red-y Smart [8] con controllo digitale da PC
- Generatore di alta tensione CAEN mod. NDT1470 [9]
- Moduli di processamento di segnali elettronici in standard NIM, VME e CERN-SRS
- Slitte micrometriche a controllo motorizzato Standa mod. 8MT175-150 [10]

• **Gas utilizzati:**

- Elio
- Isobutano (in concentrazione < 10% vol., flusso parziale < 20 sccm)
- CF₄
- CO₂
- Ossigeno (in concentrazione < 1% vol., flusso parziale < 2 ccm)
- R-1234ze

• **Altre sostanze utilizzate:**

- alcool isopropilico (vaporizzato nella miscela gassosa in concentrazioni < 2% vol., flusso parziale < 4 sccm)

Rischi correlati all'attività sperimentale proposta:

- Radiazione laser
- Gas sotto pressione



- Gas esplosivi
- Gas ossidanti
- Liquidi infiammabili
- Alta tensione (max. 8 kV c.c.)

Note:

- In virtù della bassa concentrazione di ossigeno, la miscela gassosa all'interno del rivelatore non è da considerarsi esplosiva;
- in virtù dei flussi massimi sopra riportati, in relazione alla volumetria e all'areazione dei locali, il formarsi di un'atmosfera esplosiva o di un'atmosfera con concentrazioni di ossigeno al di sopra dei livelli di guardia è impossibile all'esterno del rivelatore anche in caso di perdita totale di gas dallo stesso;
- nei locali adibiti all'attività sperimentale sono già state autorizzate e sono in corso attività che prevedono l'uso di gas sotto pressione, gas esplosivi e generatori di alta tensione, per cui tali pericoli non implicano una variazione della destinazione d'uso dei locali.

IV. Definizione della Zona Laser Controllata (ZLC):

Configurazione di Default

Il laser verrà installato su un banco ottico (dimensioni 2 x 1 m²). Il banco ottico sarà circondato da due lati dalle pareti della stanza e, dagli altri due lati, da tende certificate per la protezione da laser aventi le specifiche di quelli utilizzati, e ignifughe [11]. L'altezza delle tende sarà pari a 2.30 m. Il perimetro definito dalle tende e dalle pareti sarà un rettangolo di circa 2.9 x 2 m². L'assenza di superfici a specchio, tali da permettere una riflessione coerente del raggio laser al di fuori del perimetro così



definito, permetterà di **definire la ZLC come quella delimitata su due lati dalle tende stesse e sugli altri due lati dalle pareti della stanza.**

Di conseguenza:

- si predisporrà un circuito di interlock come da schema riportato in appendice, collegato al sistema di interlock del laser UV
- si installerà sull'ingresso della tenda un interruttore collegato all'interlock del laser UV, tale da interromperne l'emissione in caso di apertura delle tende;
- l'area verrà ulteriormente delimitata da nastro giallo/nero sul pavimento ad una distanza di 30 cm dalle tende (verso l'esterno);
- verrà esposto un segnale di pericolo con indicazione della classe laser e dei DPI previsti;
- una luce di segnalazione verrà installata nelle immediate vicinanze dell'ingresso della ZLC (ossia nelle immediate vicinanze delle tende) e collegata al circuito di interlock in maniera tale da rendere impossibile l'emissione laser se la luce non è correttamente accesa.

Configurazione Alternativa

Il laser verrà utilizzato in una configurazione nella quale il percorso del fascio risulta totalmente incapsulato all'interno di un contenitore a tenuta di luce, chiuso con interruttori collegati al sistema di interlock, in maniera tale da impedire l'emissione laser se il contenitore risulta aperto. Questo permette, in accordo con le normative, di declassificare il laser da classe 4 a classe 1, rendendo superflui i suddetti dispositivi di sicurezza. In questa configurazione, l'utilizzo del laser a contenitore aperto sarà permesso per le sole operazioni di allineamento.



V. Dispositivi di protezione

Dispositivi di protezione collettiva

Nella configurazione di default, le tende fungono da dispositivo di protezione collettiva.

Nella configurazione alternativa, si procederà come segue:

- Durante le normali operazioni di misura, il percorso del fascio laser sarà integralmente contenuto all'interno di una box in alluminio e alluminio composito, a tenuta di luce, con sistemi di interlock ridondanti e tali da provocare lo spegnimento del laser in caso di apertura della box, in modo tale da azzerare i rischi di esposizione a radiazione laser. Non sarà quindi necessario l'utilizzo di ulteriori dispositivi di protezione collettiva.
- Durante le operazioni di allineamento, vale quanto riportato per la configurazione di default.

Per quanto concerne l'utilizzo di gas sotto pressione, gas esplosivi ed ossigeno, i dispositivi di protezione collettiva sono quelli già previsti ed installati per le attività in corso.

Dispositivi di protezione individuali (DPI)

Per l'utilizzo del laser UV impulsato Elforlight mod. FQS-100-1-355, verranno forniti occhiali di protezione con rating D L4 + IR L6 e optical density 5 alla lunghezza d'onda di 355 nm.

Per l'utilizzo, in fasi di allineamento, del laser rosso continuo Thorlabs mod. CPS635R, verranno forniti occhiali di protezione con rating .01W 2*10E-6J 605-642 RB1 e optical density 1.5+ alla lunghezza d'onda di 635 nm.



VI. Procedure per il corretto utilizzo della strumentazione e dei DPI:

Il laser UV è dotato di chiave di abilitazione, che dovrà essere custodita dal responsabile dell'esperimento quando il laser non è in uso.

Durante le operazioni di misura:

- dovranno essere attivati i sistemi di interlock;
- cartelli di pericolo laser dovranno essere esposti in prossimità della ZLC; si precisa che i cartelli di pericolo laser sono presenti all'esterno del Laboratorio;
- un segnale luminoso dovrà essere acceso nelle immediate vicinanze dell'accesso alla ZLC;
- sarà vietato operare i laser al di fuori delle specifiche e in modalità diverse da quelle indicate dal produttore.

Nella configurazione di default, inoltre

- in caso di permanenza all'interno della ZLC, con circuito di interlock chiuso, sarà sempre richiesto l'utilizzo degli occhiali di protezione;

Durante le operazioni di allineamento, oltre a quanto sopra riportato, l'utilizzo degli occhiali di protezione sarà necessario anche nella configurazione alternativa. Inoltre, per l'allineamento nella configurazione alternativa, sarà necessario interdire l'accesso al laboratorio al personale non formato o non autorizzato.

In aggiunta, dovranno essere rispettate tutte le procedure per l'utilizzo di gas sotto pressione, gas esplosivi e generatori di alta tensione già adottate per le attività attualmente in corso nei locali in questione.

Si prevede l'adozione delle seguenti procedure:

CONFIGURAZIONE DI DEFAULT (A)

A.1) ACCENSIONE DEL LASER UV IN MODALITÀ DI MISURA O ALLINEAMENTO:

- 1) verificare che il circuito di interlock sia aperto in virtù di una delle seguenti condizioni: tenda con serratura aperta; luce di segnalazione spenta; pulsante di emergenza premuto;
- 2) abilitare il laser UV tramite chiave (in questa fase l'emissione laser è ancora interdotta dal circuito di interlock);



- 3) indossare gli occhiali di protezione per laser UV se si intende rimanere all'interno della ZLC;
- 4) sbloccare l'interruttore di emergenza;
- 5) accendere la luce di segnalazione;
- 6) chiudere la tenda e la relativa serratura;
- 7) attivare l'emissione laser tramite controllo remoto.

A.2) PASSAGGIO DA MODALITÀ DI MISURA A MODALITÀ DI ALLINEAMENTO CON LASER UV:

- 1) se ci si trova all'esterno della ZLC, interrompere l'emissione laser UV tramite controllo remoto e indossare gli occhiali di protezione per laser UV;
- 2) verificare accensione della luce di segnalazione;
- 3) verificare chiusura della tenda e della relativa serratura;
- 4) sbloccare l'interruttore di emergenza;
- 5) attivare l'emissione laser tramite controllo remoto qualora sia stata precedentemente interrotta.

A.3) PASSAGGIO DA MODALITÀ DI MISURA O ALLINEAMENTO CON LASER UV ALLA MODALITÀ DI ALLINEAMENTO CON LASER ROSSO:

- 1) interrompere l'emissione laser UV tramite controllo remoto;
- 2) aprire il circuito di interlock tramite pulsante di emergenza per evitare un'emissione laser UV accidentale;
- 3) indossare gli occhiali di protezione per laser rosso se si intende rimanere all'interno della ZLC;
- 4) verificare accensione della luce di segnalazione;
- 5) verificare chiusura della tenda e della relativa serratura;
- 6) attivare l'emissione laser rosso.

A.4) PASSAGGIO DA MODALITÀ DI ALLINEAMENTO CON LASER ROSSO ALLA MODALITÀ DI MISURA O ALLINEAMENTO CON LASER UV:

- 1) interrompere l'emissione laser rosso
- 2) indossare gli occhiali di protezione per laser UV se si intende rimanere all'interno della ZLC;
- 3) verificare accensione della luce di segnalazione;
- 4) verificare chiusura della tenda e della relativa serratura;
- 5) sbloccare l'interruttore di emergenza;
- 6) attivare l'emissione laser UV tramite controllo remoto.



A.5) PASSAGGIO DA MODALITÀ DI ALLINEAMENTO CON LASER UV ALLA MODALITÀ DI MISURA CON LASER UV:

- 1) indossare gli occhiali di protezione per laser UV se si intende rimanere all'interno della ZLC;
- 2) verificare accensione della luce di segnalazione;
- 3) verificare chiusura della tenda e della relativa serratura;
- 4) sbloccare l'interruttore di emergenza;
- 5) attivare l'emissione laser UV tramite controllo remoto.

A.6) SPEGNIMENTO:

- 1) interrompere l'emissione laser rosso;
- 2) interrompere l'emissione laser UV da controllo remoto;
- 3) aprire il circuito di interlock tramite una delle seguenti operazioni: apertura della serratura della tenda; spegnimento della luce di segnalazione; pressione del pulsante di emergenza;
- 4) disabilitare il laser UV tramite chiave.

CONFIGURAZIONE ALTERNATIVA (B)

B.1) ACCENSIONE LASER UV IN MODALITÀ DI MISURA O ALLINEAMENTO:

- 1) verificare che il circuito di interlock sia aperto in virtù di una delle seguenti condizioni: box aperta; luce di segnalazione spenta; pulsante di emergenza premuto;
- 2) abilitare il laser UV tramite chiave (in questa fase l'emissione laser è ancora interdotta dal circuito di interlock);
- 3) sbloccare l'interruttore di emergenza;
- 4) accendere la luce di segnalazione;
- 5) chiudere la box;
- 6) attivare l'emissione laser tramite controllo remoto.

B.2) PASSAGGIO DA MODALITÀ DI MISURA A MODALITÀ DI ALLINEAMENTO CON LASER UV:

- 1) interrompere l'emissione laser da controllo remoto;
- 2) impedire l'accesso al laboratorio al personale non formato o non autorizzato;
- 3) indossare gli occhiali di protezione per laser UV;
- 4) bypassare ESCLUSIVAMENTE gli interruttori box nel circuito di interlock;
- 5) verificare accensione della luce di segnalazione;
- 6) verificare chiusura della tenda e della relativa serratura;



- 7) aprire la box;
- 8) sbloccare l'interruttore di emergenza;
- 9) attivare l'emissione laser tramite controllo remoto.

B.3) PASSAGGIO DA MODALITÀ DI MISURA O ALLINEAMENTO CON LASER UV ALLA MODALITÀ DI ALLINEAMENTO CON LASER ROSSO:

- 1) interrompere l'emissione laser UV tramite controllo remoto;
- 2) impedire l'accesso al laboratorio al personale non formato o non autorizzato;
- 3) impedire l'accesso al laboratorio al personale non formato o non autorizzato;
- 4) aprire il circuito di interlock tramite pulsante di emergenza per evitare un'emissione laser UV accidentale;
- 5) indossare gli occhiali di protezione per laser rosso;
- 6) verificare accensione della luce di segnalazione;
- 7) attivare l'emissione laser rosso.

B.4) PASSAGGIO DA MODALITÀ DI ALLINEAMENTO CON LASER ROSSO ALLA MODALITÀ DI ALLINEAMENTO CON LASER UV:

- 1) interrompere l'emissione laser rosso;
- 2) impedire l'accesso al laboratorio al personale non formato o non autorizzato;
- 3) indossare gli occhiali di protezione per laser UV;
- 4) verificare accensione della luce di segnalazione;
- 5) sbloccare l'interruttore di emergenza;
- 6) bypassare ESCLUSIVAMENTE gli interruttori box nel circuito di interlock;
- 7) attivare l'emissione laser UV tramite controllo remoto.

B.5) PASSAGGIO DA MODALITÀ DI ALLINEAMENTO CON LASER ROSSO ALLA MODALITÀ DI MISURA CON LASER UV:

- 1) spegnere l'emissione laser rosso
- 2) impedire l'accesso al laboratorio al personale non formato o non autorizzato;
- 3) verificare l'integrazione degli interruttori box nel circuito di interlock;
- 4) verificare accensione della luce di segnalazione;
- 5) chiudere la box;
- 6) sbloccare l'interruttore di emergenza;
- 7) attivare l'emissione laser UV tramite controllo remoto.

B.6) PASSAGGIO DA MODALITÀ DI ALLINEAMENTO CON LASER UV ALLA MODALITÀ DI MISURA CON LASER UV:

- 1) spegnere l'emissione laser UV



- 2) reintegrare gli interruttori box nel circuito di interlock;
- 3) verificare accensione della luce di segnalazione;
- 4) chiudere la box;
- 5) sbloccare l'interruttore di emergenza;
- 6) attivare l'emissione laser UV tramite controllo remoto.

B.7) SPEGNIMENTO:

- 1) disattivare l'emissione laser rosso;
- 2) disattivare l'emissione laser UV da controllo remoto;
- 3) aprire il circuito di interlock tramite una delle seguenti operazioni: apertura della box; spegnimento della luce di segnalazione; pressione del pulsante di emergenza;
- 4) disabilitare il laser UV tramite chiave.

VII. Procedura di accesso all'area sperimentale

Nella configurazione di default, sarà vietato l'accesso alla ZLC al personale non debitamente formato ed autorizzato. Sarà invece libero l'accesso al laboratorio al di fuori della ZLC. L'ingresso nella ZLC potrà essere effettuato esclusivamente a laser spento, tramite apertura della serratura collegata al circuito di interlock.

Nella configurazione alternativa, sarà vietato l'accesso al laboratorio al personale non formato o non autorizzato.

Dovranno essere rispettate inoltre tutte le procedure per l'utilizzo di gas sotto pressione, gas esplosivi e generatori di alta tensione già adottate per le attività attualmente in corso nei locali in questione.



Referenze

- [1] <https://shop.amstechnologies.com/FQS-DPSS-Lasers/SW11775>
- [2] <https://www.thorlabs.com/thorproduct.cfm?partnumber=CPS635R>
- [3] <https://www.thorlabs.com/thorproduct.cfm?partnumber=VRC1>
- [4] <https://www.thorlabs.com/thorproduct.cfm?partnumber=VRC1SM1>
- [5] https://www.mks.com/mam/celum/celum_assets/resources/1179Bman.pdf
- [6] <https://www.mks.com/f/pr4000b-digital-power-supply>
- [7] <https://www.mks.com/f/250e-pressure-flow-control-module>
- [8] <https://www.voegtlin.com/en/mass-flow-meters-and-controllers-for-gases/red-y-smart-series/>
- [9] <https://www.caen.it/products/ndt1470/>
- [10] https://www.standa.it/products/catalog/motorised_positioners?item=60&prod=motorized_linear_stages
- [11] <https://www.lasermet.com/laser-safety-products/orca-laser-blocking-curtains/>

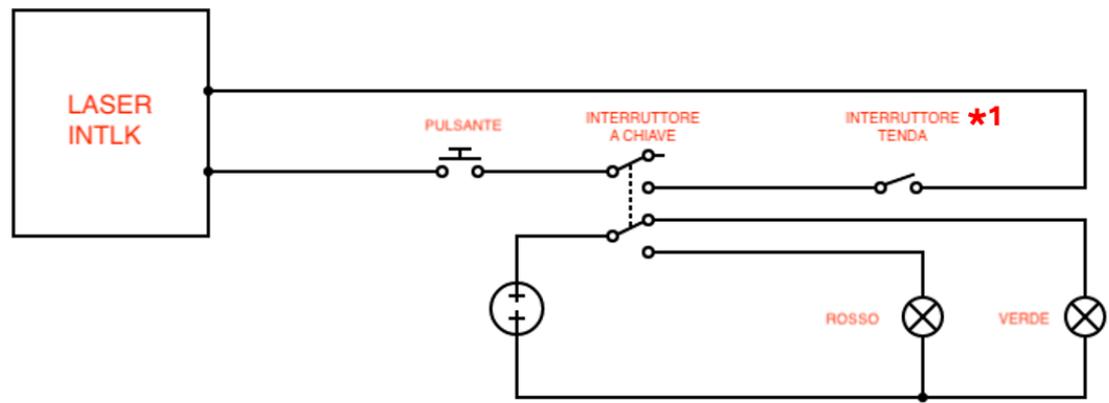
Allegati

1. Certificato di Conformità laser FQS-100-1-355
2. Certificato di Conformità laser CPS635R
3. Scheda di sicurezza Elio
4. Scheda di sicurezza Isobutano
5. Scheda di sicurezza CF₄
6. Scheda di sicurezza CO₂
7. Scheda di sicurezza Ossigeno
8. Scheda di sicurezza R-1234ze
9. Scheda di sicurezza alcool isopropilico



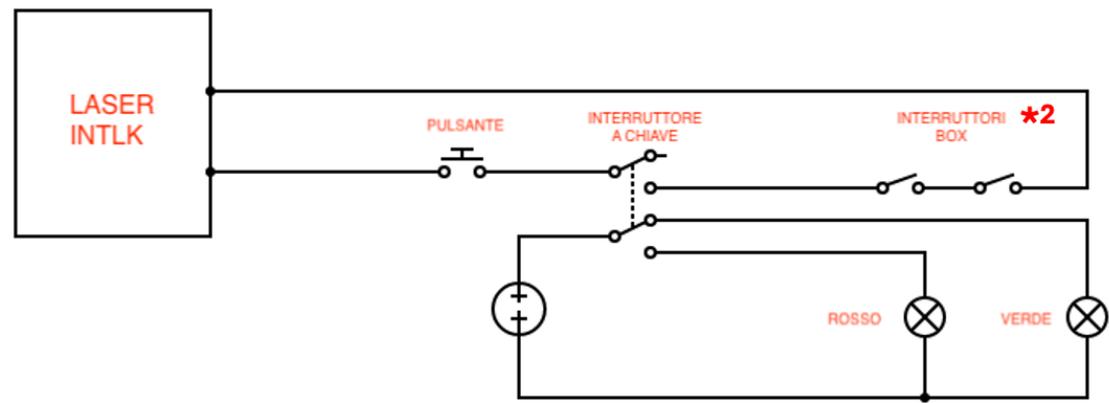
APPENDICE I CIRCUITI DI INTERLOCK

CONFIGURAZIONE DI DEFAULT



*1 Interruttore Tenda: Omron D4NS-1FF

CONFIGURAZIONE ALTERNATIVA



*2 Interruttori Box: Telemecanique ZCP25



APPENDICE II

Mapa della Città Universitaria Sapienza e Planimetria Laboratorio Segrè

