



實驗室基礎設施 與 工作守則

2022基礎實驗技術訓練

雷射光電支援中心
陳蔚然





實驗室基礎設施與守則

● 基礎設施

• 電

- 設備：配電盤，電源配線，緊急電源（發電機），不斷電系統
- 電源：110V、220V，單相1 Φ 、三相3 Φ ，高壓電，火線、中性線、地線
- 工具：電工工具、電線規格(電工法規)

• 水

- 種類：自來水，冰水，蒸餾水
- 特性：水溫、水壓、流量
- 管路：水管連接、規格

• 氣體

- 種類：壓縮空氣、氮氣、氬氣、高壓氣體鋼瓶
- 管路：管路連接、規格(Swagelok)

• 環境控制

- 溫度、濕度、照明、振動、氣壓、潔淨度

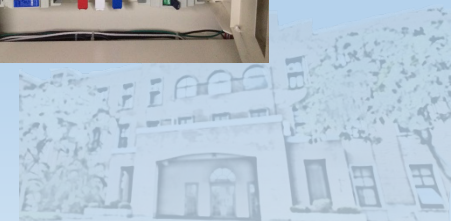
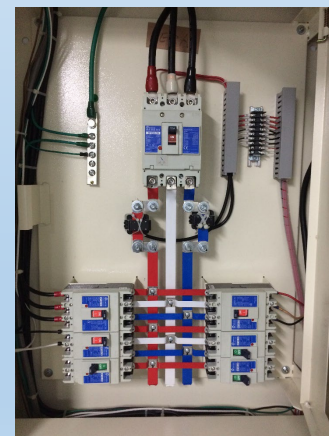
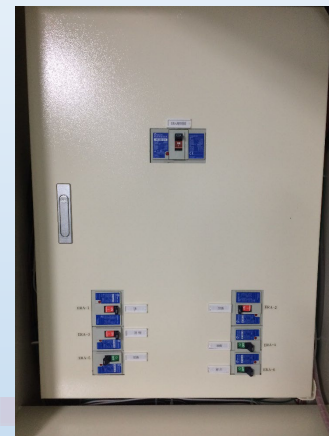
● 實驗室安全與工作守則

- 安全、效率
- 雷射安全

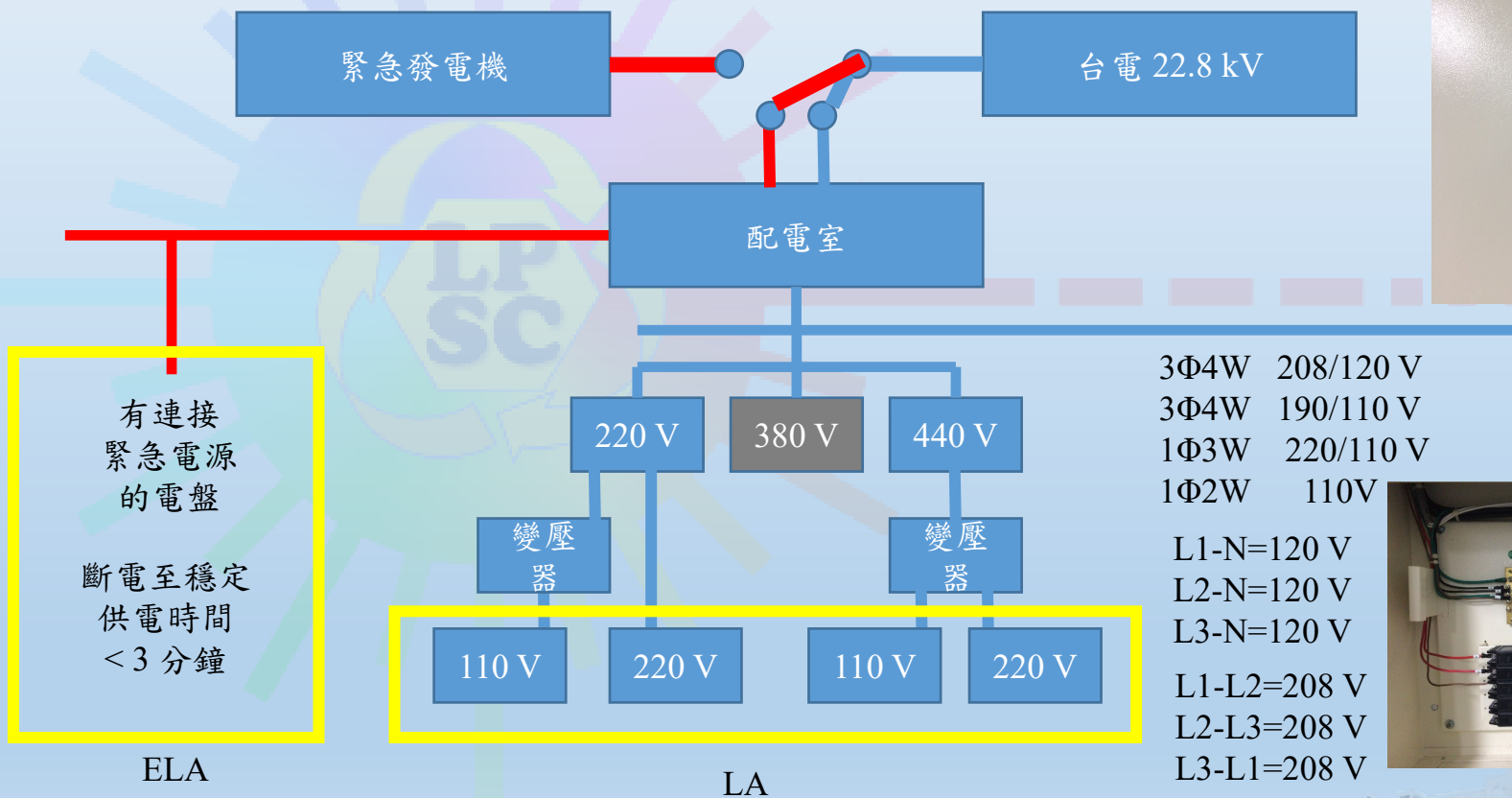


實驗室的電源供應系統

- 配電盤
- 電源配線與電力設備
- 緊急電源與不斷電系統 (UPS)

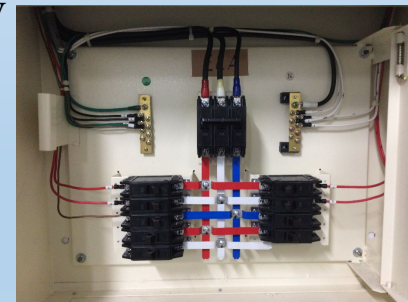


電源配線



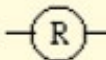

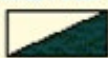
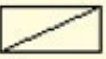


3Φ4W 208/120 V
 3Φ4W 190/110 V
 1Φ3W 220/110 V
 1Φ2W 110V

L1-N=120 V
 L2-N=120 V
 L3-N=120 V
 L1-L2=208 V
 L2-L3=208 V
 L3-L1=208 V





電工符號範例

<p>無熔絲開關</p>  <p>NFB</p>	<p>白熾燈</p>  <p>R</p>	<p>壁燈</p>  <p>R</p>
<p>日光燈</p> 	<p>接線盒</p>  <p>J</p>	<p>電燈總配電盤</p> 
<p>電燈分電盤</p> 	<p>單插座</p> 	<p>雙連插座</p> 
<p>接地型單插座</p>  <p>G</p>	<p>接戶線</p> 	<p>電磁開關</p>  <p>MS</p>
<p>接地</p> 	<p>單切開關</p> <p>S</p>	<p>三路開關</p> <p>S₃</p>
<p>按鈕開關</p> 	<p>蜂鳴器</p> 	<p>電鈴</p> 



供電方式(低壓線)

- 儀器所用電源
- 單相二線式(1Φ2W)：110V、220V
- 單相三線式(1Φ3W)：此系統電壓為110/220V(中性線接地)，同時可供應兩種單相電壓，一般家庭的電燈及小型電器，以110V供電，冷氣機、電熱水器等較大容量電器，則以220V供電。
- 三相三線式(3Φ3W)：220V
- 三相四線式(3Φ4W)Y接：220V/380V
- 電源接地→⊗←訊號接地
- 原分所：詢問工務室機電組長





常用電工手工工具介紹及使用(一)

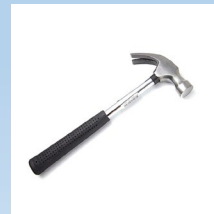
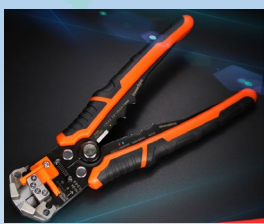
- 斜口鉗：又稱剪線鉗，最主要用來剪斷電線、剝去導線絕緣體以及深入狹窄的位置剪線等。不宜用來剪斷較粗的電線，以防鉗口受損。
- 尖嘴鉗：又稱尖頭鉗，最主要用途是用來挾持焊接物以便焊接，亦可配合斜口鉗來剝線。
- 平頭鉗：又稱電工鉗，最主要用途是用來剪斷、彎曲及扭接粗線，是電工配線中最常用的手工工具。亦可用來剝除較粗電線的絕緣體以及挾持物件。





常用電工手工工具介紹及使用(二)

- 剝線鉗：主要的用途是用來剝除電線線端的絕緣體。
- 起子：俗稱螺絲起子，用來旋緊或退鬆螺絲釘。依其結構與用途可分為一字起子、十字起子、較準起子、驗電起子等。
- 鐵鎚：又稱榔頭，鎚頭的材料可分為以鋼料製成的硬鎚，以及利用銅、鉛、塑膠、木料或橡膠等材料製成的軟鎚。
- 扳手：是用來鎖上或扳下較大螺絲的工具。





電線相關名詞

- **導線**：凡用以傳導電流之金屬（電）線（電）纜，謂之導線。
- **安培容量**：以安培表示導線載流容量，謂之安培容量。
- **實心線**：由單股裸線所構成的導線，謂之實心線，又名單線。按規定屋內配線之導線線徑在2.6公厘以下才能用單線。
- **絞線**：由多股粗細相同之裸線扭絞而成之導線，謂之絞線，又名撚線。扭絞時以一股單線（亦有以三股）為中心線，在中心線周圍，按螺旋方向絞編一層或數層導線而成。
- **金屬管**：凡以金屬（如鐵、鋼、銅、及合金）製成用以包藏導線的管子，謂之金屬管。





導線的種類(一)

- 依金屬材料分

1. 銅線

- a. 硬抽銅線：用於屋外輸電線、架空線
- b. 半硬抽銅線：用於屋外輸電線、架空線
- c. 軟抽銅線：用於屋內配線、軟線

2. 鋁線：加入其它金屬製成鋁合金線，使用於外線工程

3. 銅合金線：純銅依加入金屬種類，製成各種用途銅合金線

4. 鋼心鋁線：強度大、重量輕，用於長距離架空線

5. PVC絕緣電線：導體表面覆一種聚氯乙烯高分子製成





導線的種類(二)

- 依絕緣材料分
 1. 棉捲線、絹捲線
 2. 瓷漆線（漆包線）
 3. 棉絕緣電線
 4. 橡膠絕緣電線
 5. 屋內軟線（花線）





導線的種類(三)

• 依導線構造分

1. 裸線：導線之周圍未披覆絕緣物者
2. 實心線：由截面積為圓形的一根導體構成，屋內配線中線徑為1.6 mm及2.0 mm較常用
3. 絞線：由數條或數十條單心線絞合而成
4. 電纜：將兩條或多條個別絕緣之導體，用絕緣材料或其他保護體將其包覆在一起而成之導線，各依形狀及用途而有不同的名稱





導線的種類(四)

- 導線之**安培容量**
- 各種導線之絕緣材料，都有其最高容許溫度，亦即導線有最大容許電流。在此值內導線不至於過熱而產生危險，此即導線之安全電流。配線中導線之安全電流，因使用情況及配管方式而有所不同，於電工法規上都有明確的規定。例如：1.6 mm單心導線於絕緣物容許溫度 60°C 時，以導線管配線，且同一管內之導體數在3根以下之安培容量（安全電流）為15安培。





導線線徑的決定考量

- 屋內配線時，導線線徑的選擇應考慮下列因素：
 1. 電壓降
 2. 電力損失
 3. 安全電流
 4. 機械強度
 5. 負載增加率

太平洋電纜原廠 構造表

二心絞線導體圓型電纜 (VV)

導體			絕緣厚度	被覆厚度	約計完成外徑	交流試驗電壓	20°C 最大導體電阻	20°C 最小絕緣電阻	約計重量	標準長
公稱斷面積	構成	外徑								
mm or mm ²	股/mm	mm	mm	mm	mm	V/1分	Ω/km	MΩ-km	kg/km	m
1.6mm	1/1.0	1.6	0.8	1.5	10.0	1,500	9.10	50	130	200
2.0	1/2.0	2.0	0.8	1.5	10.5	1,500	5.76	50	160	200
2.0mm ²	7/0.6	1.8	0.8	1.5	10.5	1,500	9.42	50	135	200
3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.5	11.5	1,500	5.30	50	180	200
5.5	7/1.0	3.0	1.0	1.5	13.5	1,500	3.40	50	260	300
8	7/1.2	3.6	1.2	1.5	15.5	1,500	2.36	50	360	300

三心絞線導體圓型電纜 (VV)

導體			絕緣厚度	被覆厚度	約計完成外徑	交流試驗電壓	20°C 最大導體電阻	20°C 最小絕緣電阻	約計重量	標準長
公稱斷面積	構成	外徑								
mm or mm ²	股/mm	mm	mm	mm	mm	V/1分	Ω/km	MΩ-km	kg/km	m
1.6mm	1/1.6	1.6	0.8	1.5	10.5	1,500	9.10	50	155	200
2.0	1/2.0	2.0	0.8	1.5	11.5	1,500	5.76	50	200	200
2 mm ²	7/0.6	1.8	0.8	1.5	11.0	1,500	9.42	50	165	200
3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.5	12.5	1,500	5.30	50	235	200
5.5	7/1.0	3.0	1.0	1.5	14.5	1,500	3.40	50	335	300
8	7/1.2	3.6	1.2	1.5	16.5	1,500	2.36	50	465	300

參考資料：太平洋電線電纜公司建築用電線電纜



單心線之連接(一)

- 屋內配線施工中，線路上應盡量減少連接，以避免抗張力減低，接觸電阻加大，降低絕緣電阻。但因施工時往往因導線不夠長，或必須做分歧接線，所以不得不做導線之連接。
- 導線之連接，務必依其所使用之情況及導線性質做適當的連接，且須符合屋內線路規則第15條各項規定。並且符合下列要求：
 1. 抗張強度不得降低
 2. 絕緣能力不得降低
 3. 導線電阻不得增加





單心線之連接(二)

- 直路絞接法
- 分歧絞接法
- 直線纏捲法：本方法用於線徑大於2.6 mm之實心線連接
- 分歧纏捲法：本方法用於線徑大於2.6 mm且受張力之處所
- 線端絞接法：本方法用於線徑於2.0 mm以下且不受張力之連接。如連接匣及配電箱內導線之連接





導線接頭之絕緣處理(一)

- 導線連接前，需將部分絕緣層剝除，破壞原有的絕緣，故在連接後，除加焊處理外，務必使連接處之絕緣恢復，以免漏電產生意外，即以絕緣膠布在接頭上包紮，以達到絕緣的目的。





導線接頭之絕緣處理(二)

- PVC絕緣膠帶先在左側線點向絕緣層15公厘處，垂直直捲一圈膠帶，並以左手食指及拇指壓緊。
- 左手繼續拉緊膠帶，以半幅重疊方式向右邊包紮，至導線剖剝點右邊15公厘處。
- 依照此要領反方向向左邊包紮，至剖剝絕緣點15公厘，如此重復包紮四次後用斜口鉗切斷膠帶，即完成絕緣處理。
- 如為分路接頭之絕緣膠帶處理，則可參照直路接續之要領纏紮絕緣膠帶。
- 如為終端絕緣膠帶處理，可依直路接續開始纏繞方之膠帶折回後，反方向繼續纏繞20公厘至開始纏繞處。





配線原理與配線器具之認識

- 配線之基本原則
- 配線時常因各場所不同，影響我們的配電方式與供電系統，因此需考慮配線的幾個基本原則：
 1. 安全性、可靠性：一切屋內配線均需依「屋內裝置規則」設計施工
 2. 電壓變動率：配線時應注意線路之電壓降，使各電器能正常運作
 3. 操作簡化：提供用電設備的安全性，避免錯誤動作的發生
 4. 維護：保證用電的安全，減少不必要的維護費用
 5. 彈性化：因應未來需要，應考量未來需求的擴充，能在安全範圍內



電源控制箱

- 實驗儀器之電源皆從內部獨立電箱配線使用，於使用時應注意其最大安培數範圍內才可使用。
- 箱內接地線應是連接打入地下專用的接地銅棒，而非就近連接建築物鋼筋等方式。





電氣迴路

- 直流電路
- 交流電路
- 三相交流電路





直流電路(複習)

- 串聯電路
- 並聯電路
- 歐姆定律
- 等效電路
- 克希荷夫定律





交流電路(複習)

- 電磁感應
- 正弦波交流
- 平均值與有效值
- 阻抗與導納
- 向量和相位差
- 交流功率
- 戴維寧定理





三相交流電路

- 三相交流的優點
- 三相交流的連接方式
- 用向量思考三相交流
- Y和 Δ 的三相交流
- 三相交流的功率





單相與三相電源



單相

$$P(t) = \frac{V^2 \cos^2(\omega t)}{R} = \frac{V^2}{2R} + \frac{V^2}{2R} \cos(2\omega t)$$

三相

$$\begin{aligned} P(t) &= \frac{V^2 \cos^2(\omega t)}{R} + \frac{V^2 \cos^2(\omega t - 120^\circ)}{R} + \frac{V^2 \cos^2(\omega t - 240^\circ)}{R} \\ &= \frac{3V^2}{2R} \end{aligned}$$





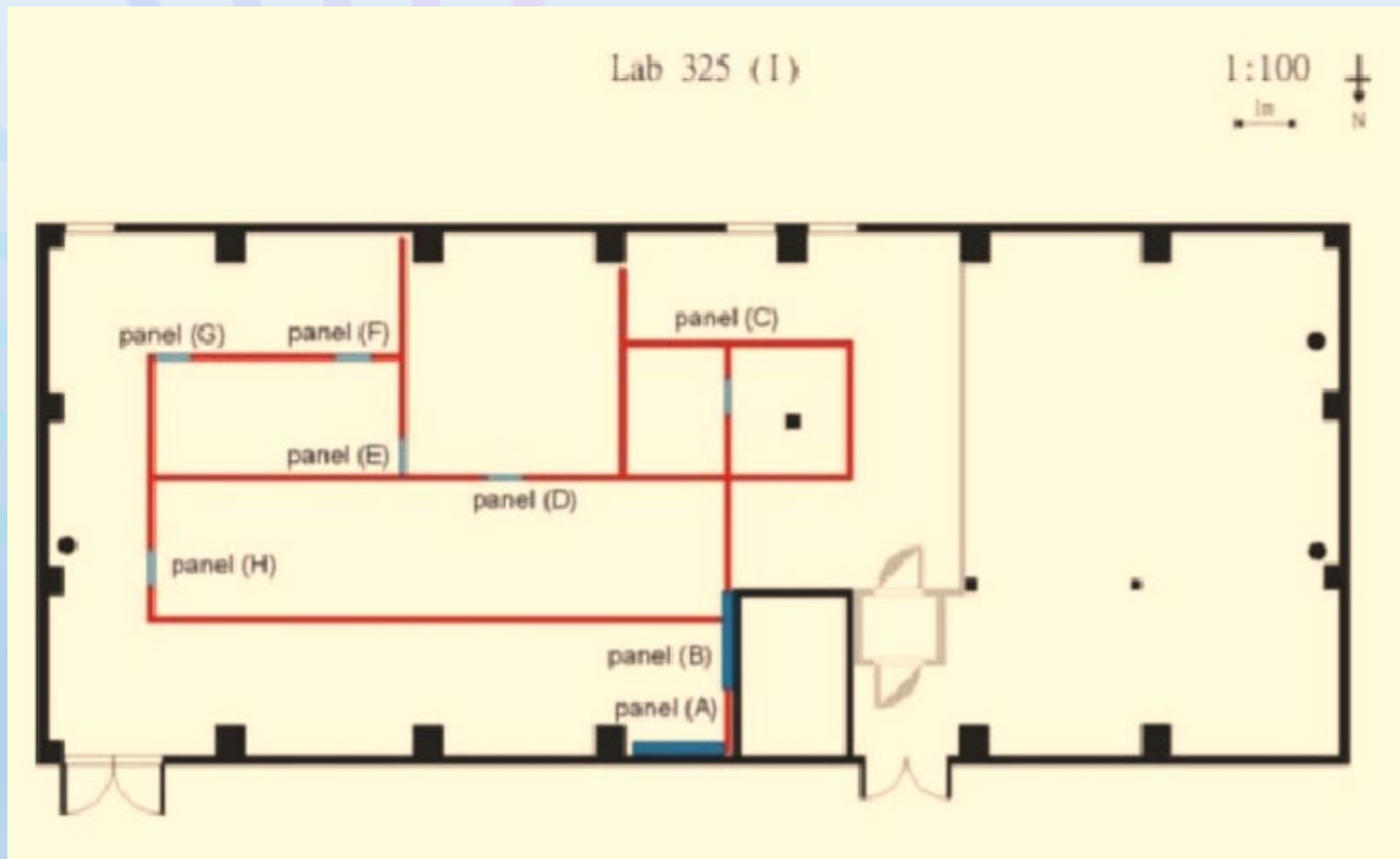
儀器電源需求

- 單相220VAC電源：高功率雷射
- 三相220VAC電源：Scroll pump，高功率熱爐
- 單相110VAC電源：電腦，冰水機.....





實驗室電源系統配置圖(例)





使用電源重要提醒

- 實驗室牆壁上的電源接地線有60Hz雜訊，所以實驗室內所有實驗儀器（含光學桌接地）都應**一律使用內部電源接地**（即走電箱來的，而非牆壁上的插座），若有遺漏將會污染所有系統！牆壁上的插座電源只能給插頭沒有接地線的電器或獨立電器使用（例如防潮箱、小除溼機、監視攝影機、及工作桌電源等）。
- 加任何新儀器時，必須注意其電力使用符合電工規定，**不得任意加多延長線來使用**。





緊急電源

- 大樓自備緊急發電機：反應時間
- 不斷電系統(UPS)：注意電力負載與可支持使用時間





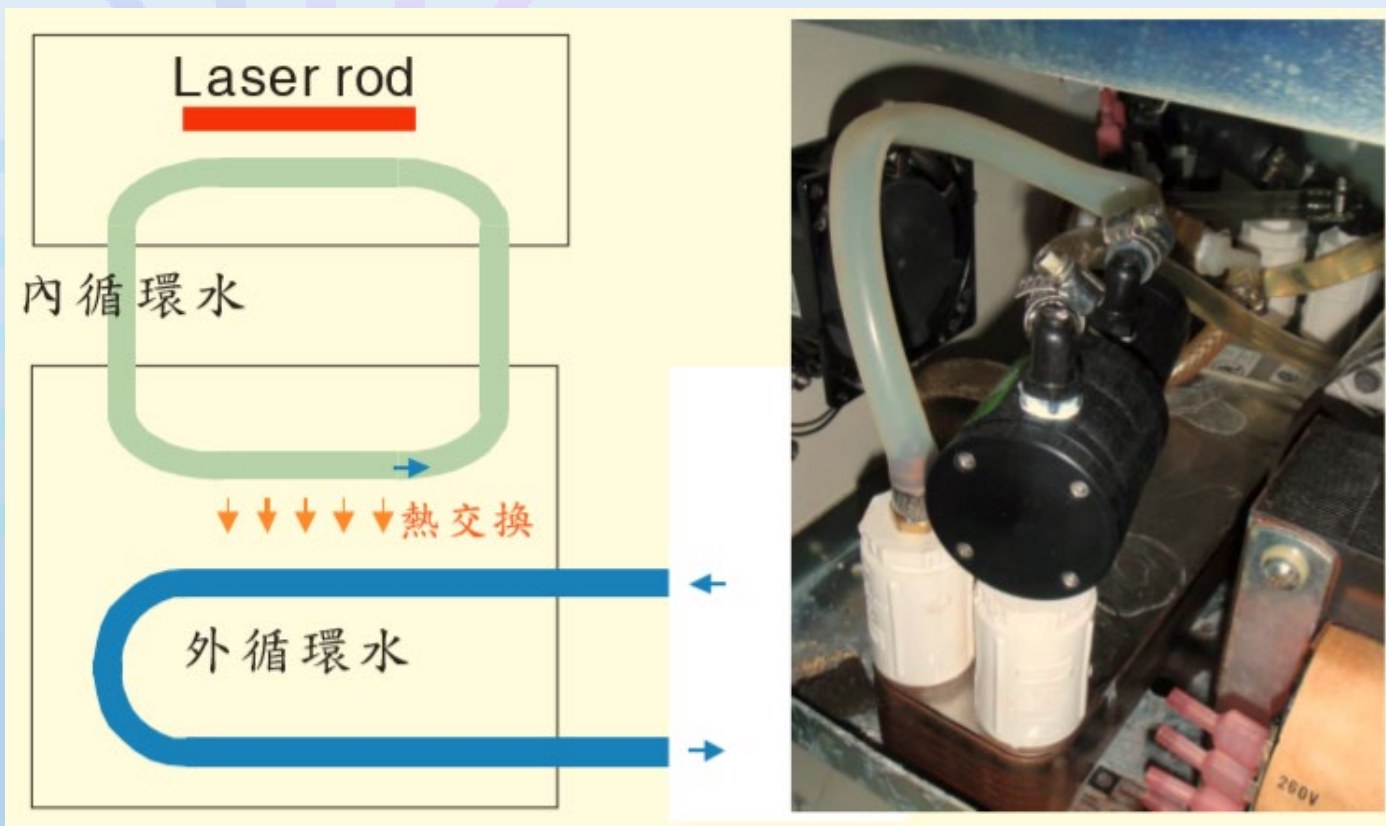
實驗室的冷卻水系統

- 外循環水與內循環水的概念
- 冰水機
- 各類水管接頭之介紹



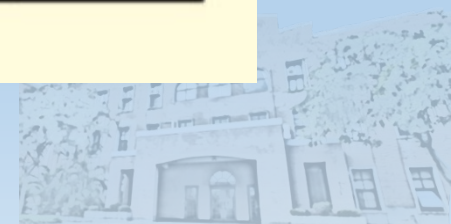
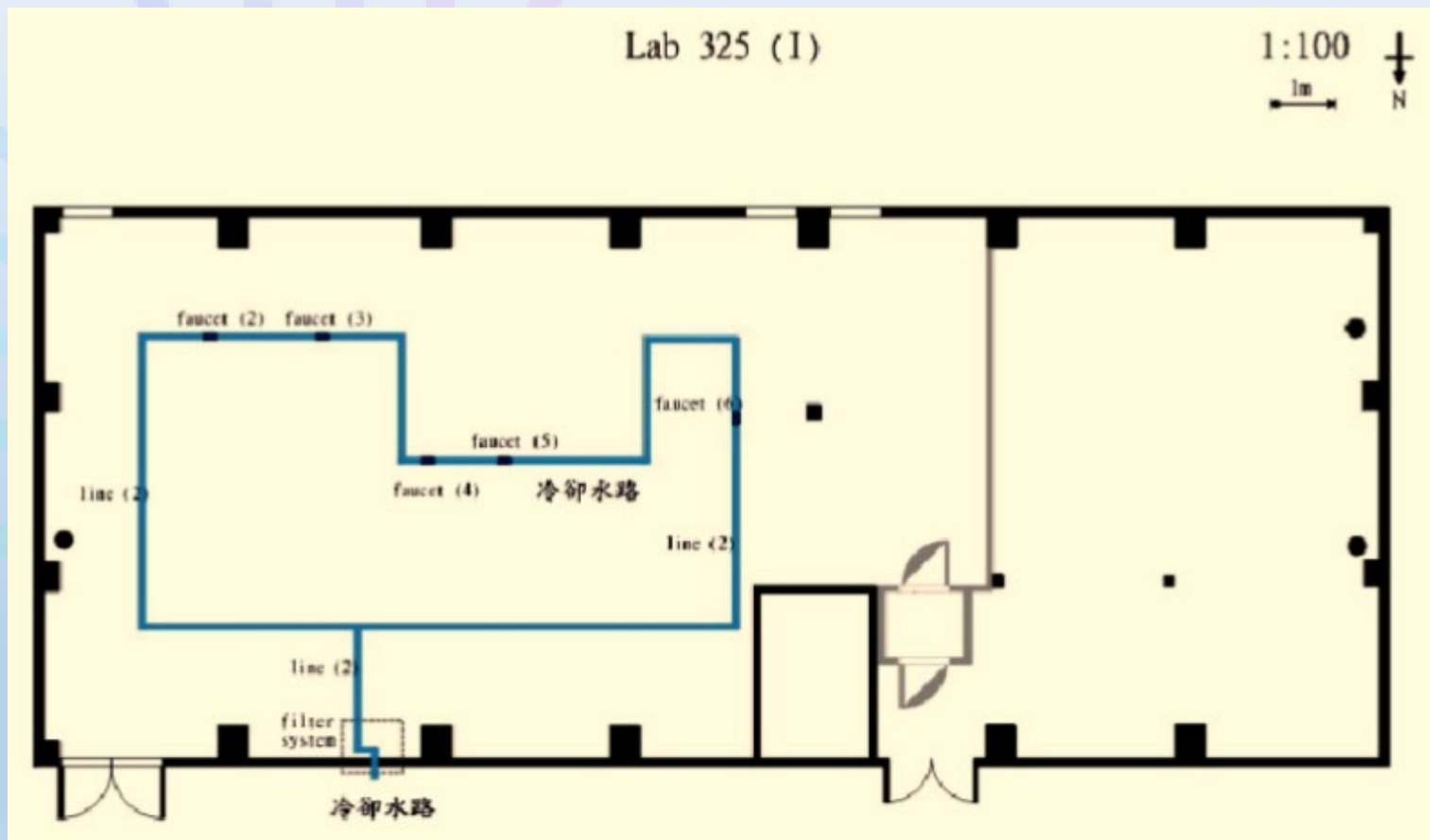


外循環水與內循環水



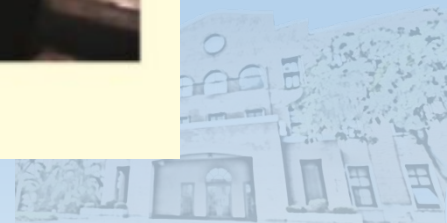


外循環冷卻水配置圖(例)





外循環水管線



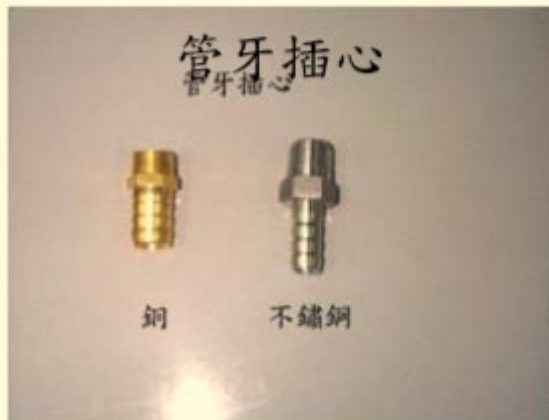


各種水管接頭(一)

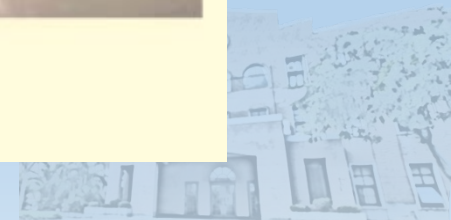
pipe
fitting



barbed
fitting



ST 管束

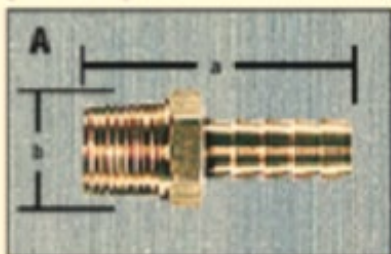




各種水管接頭(二)

Barbed Fittings

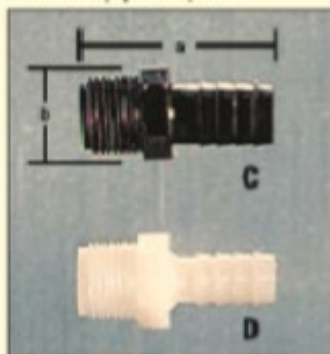
*NPT male pipe adapters
(continued)*



Brass



NPT male pipe adapters



HDPE

Nylon

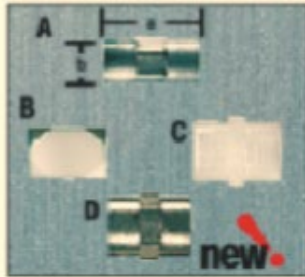




各種水管接頭(三)

Pipe Fittings

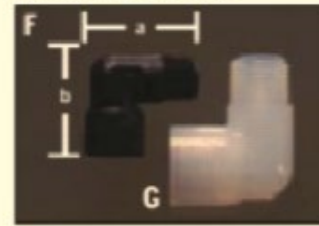
Straight couplings



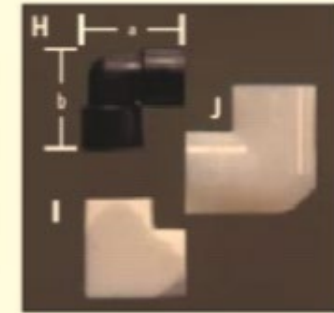
Female reducers



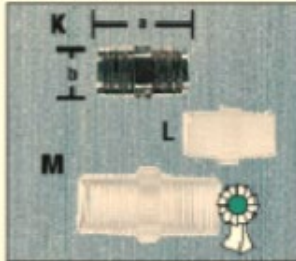
Female-to-male elbows



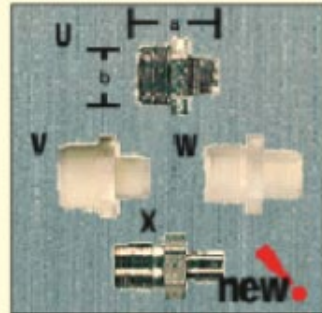
Union elbows



NPT(M) nipples



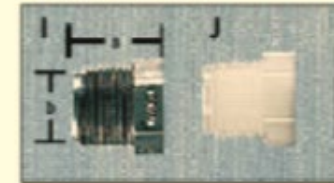
Male reducers



Tees



NPT(M) pipe plugs





材料特性

- 尼龍 Nylon
 - Good chemical resistance, rated at 200 psi at room temperature, temperature range $-40-90^{\circ}\text{C}$
- 黃銅 Brass
 - Good chemical resistance, rated at 400 psi at room temperature, temperature range $-60-250^{\circ}\text{C}$
- 不銹鋼 316SS
 - Very good chemical resistance, pressure limit depends on the tubing used temperature $-253-648^{\circ}\text{C}$





水管系統之常用工具



止洩帶 (Teflon tape) 的使用方法

Teflon
tape



活動扳手





彎管器





切管器



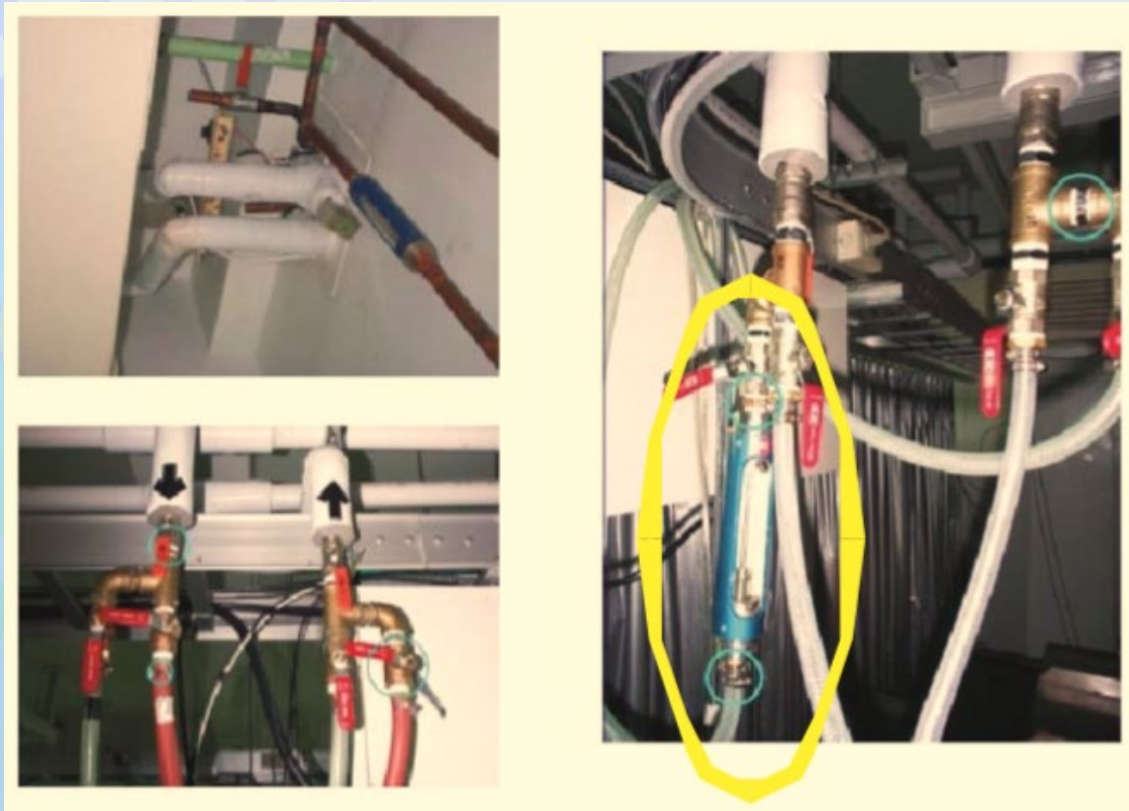


水管扳手



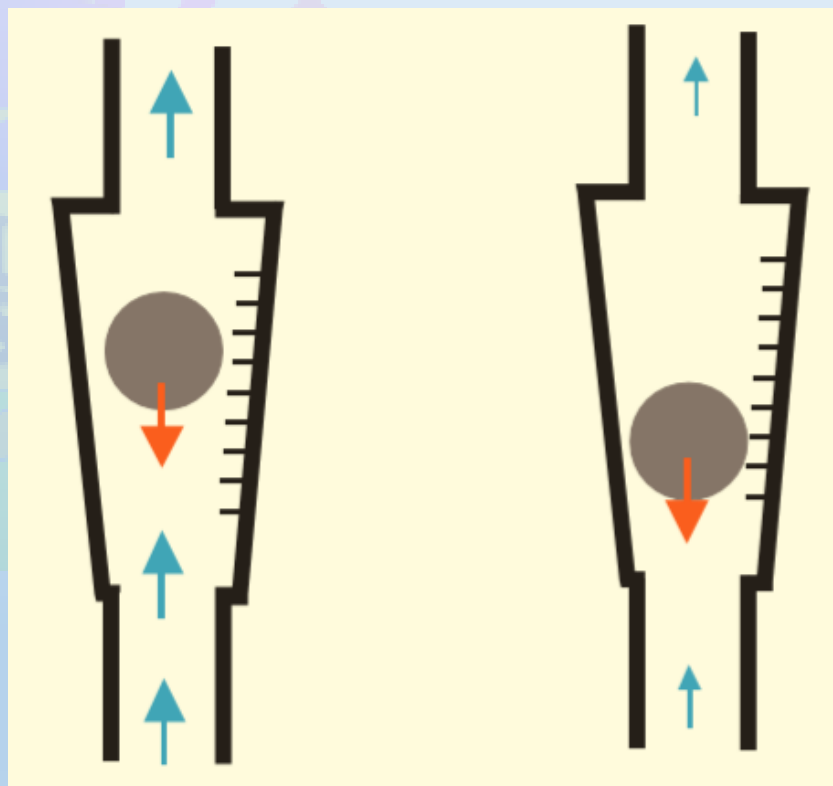


流量計 Flow meter



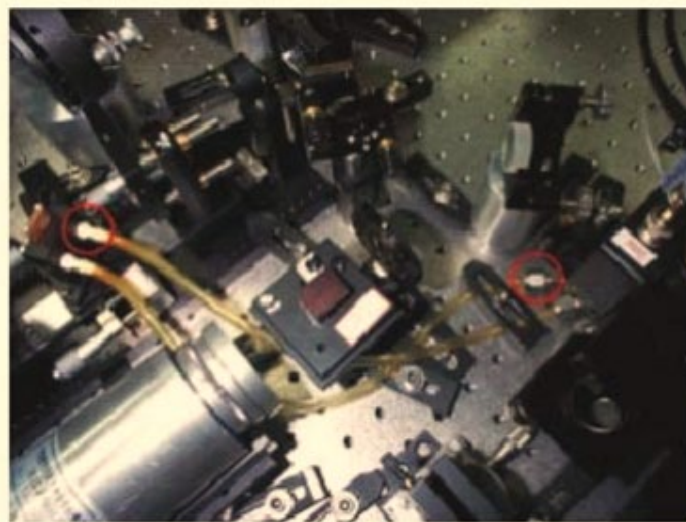


流量計 Flow meter 的構造



冰水機

(例)(冷卻Ti:sapphire Crystal)





實驗室使用的氣體

- 原分所所內乾燥氮氣
- 原分所所內壓縮空氣
- 實驗室自製乾燥空氣
- 實驗用高壓高純度鋼瓶





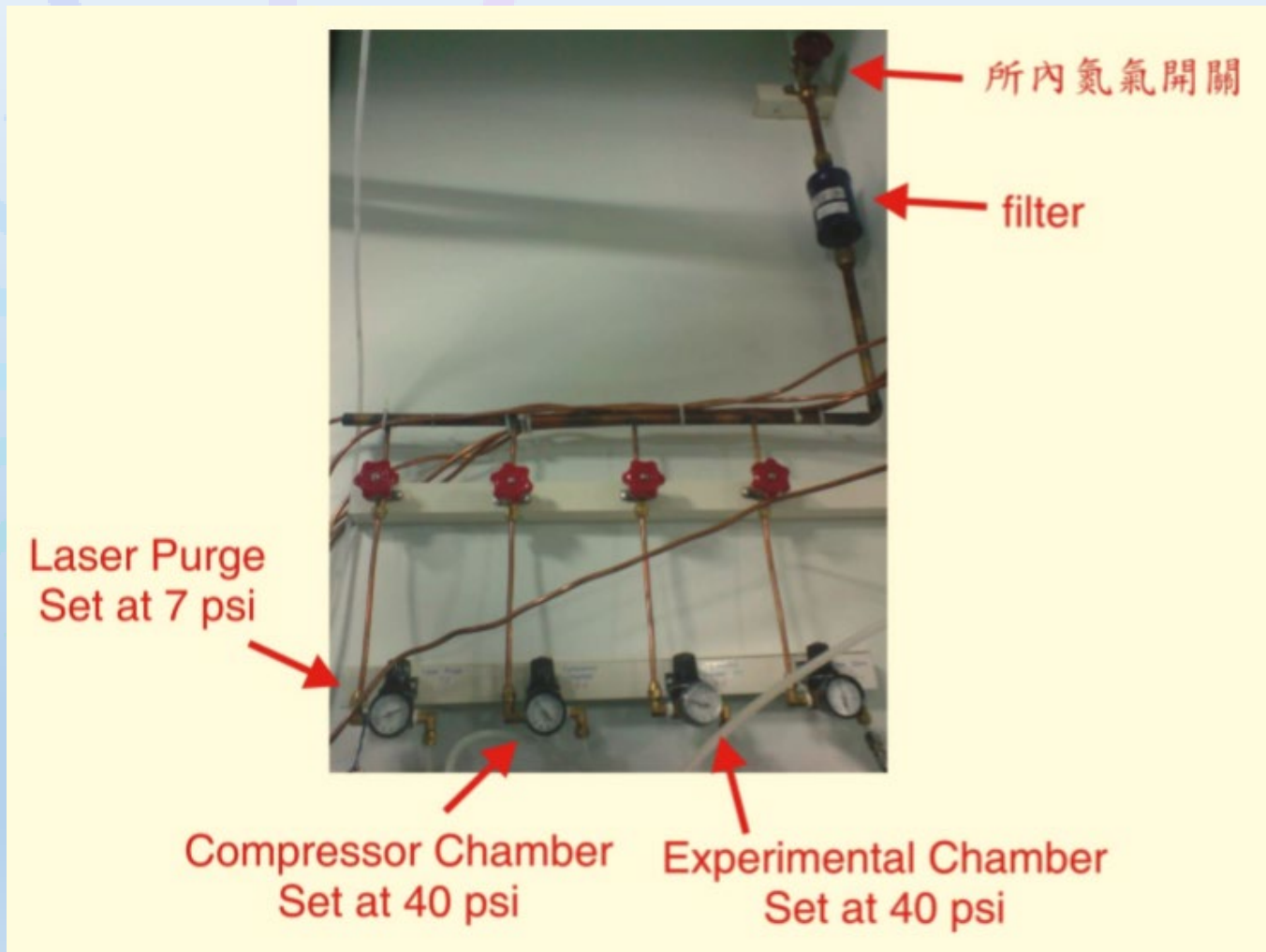
原分所乾燥氮氣

- 乾燥用途：Laser purge
- 破真空：壓力40 psi
- **Purge雷射系統一定要加流量計來控制！**雷射系統的purge目的有二，一是用來排除灰塵，特別是在放大器的pump beam部份，正常應將流量設在0.5SCFH。二是用來排除水氣，尤其是防止雷射晶體或倍頻晶體結水，正常應將流量設在0.2SCFH。
- 1SCFH=0.472 l/min
- 1 psi = 0.07 atm;
- 7 psi = 0.5 atm;
- 40 psi = 2.8 atm;





原分所乾燥氮氣與流量控制





實驗室氣體管線系統配置圖(例)





乾燥空氣空壓機



雷射區氣體管路 (25psi)

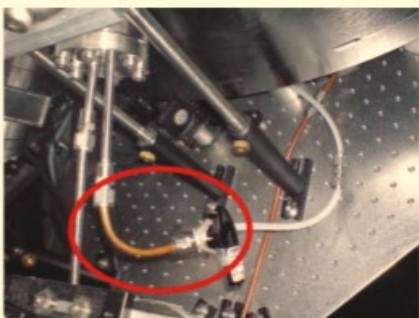
氣動閥管路 (50psi)

實驗區氣體管路 (50psi)





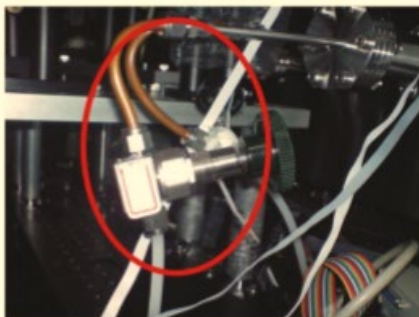
破真空與雷射系統purge



紅外光源實驗站 chamber



氣體流量計



Compressor chamber





電動氣動閥開關

光學桌、氣動工具





高壓高純度鋼瓶氣體

- Ar : 99.995% (200 psi)
- H₂ : 99.995%
- He : 99.995%
- N₂ : 99.998%
- Xe : 99.995%
- 工業用等級
 - O₂ : 99.8%
 - CO₂ : 99%
- 特殊、混合、雷射氣體





高壓鋼瓶固定

非使用中的鋼瓶
應裝上防爆蓋



高壓鋼瓶務必鎖在鋼瓶架上
不得有隨意放置的情況。

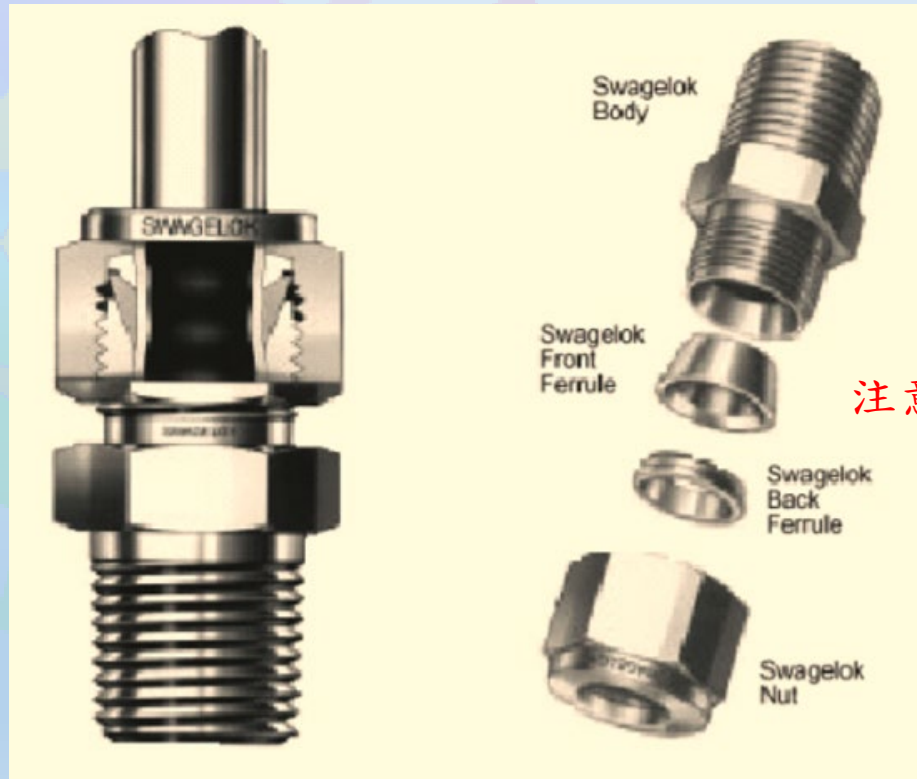




Swagelok (世偉洛克)

流體管路接頭

卡套管接頭





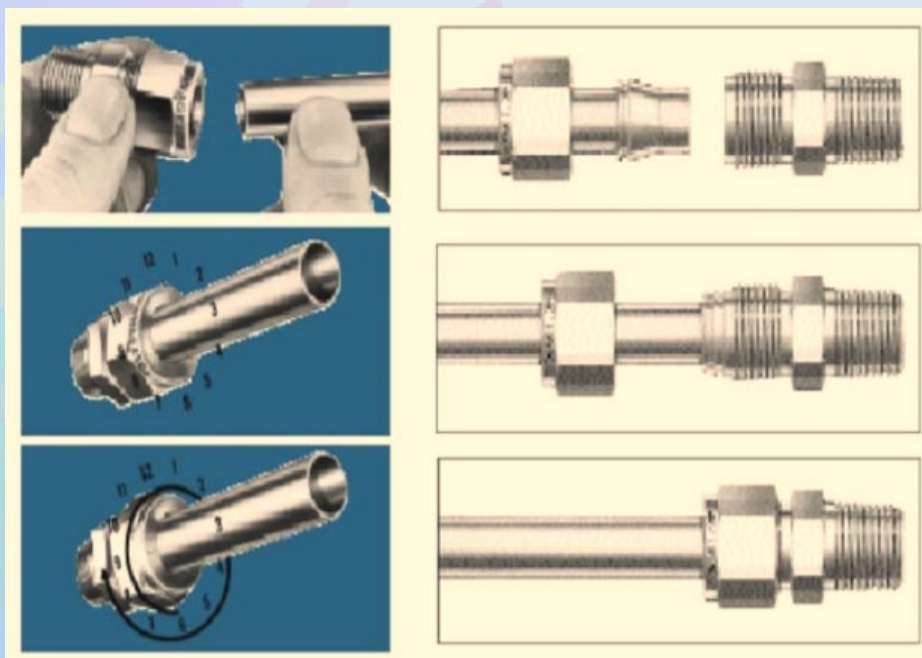
Swagelok特性

- Leak-proof, torque-free seal at all tubing connections
- All the action in the fitting moves along the tube axially instead of with a rotary motion





Swagelok的接法



Swagelok的連接不該纏鐵氟龍膠帶或以熱熔槍來防漏





Swagelok pipe end pressure ratings

Calculations based on ANSI code for pressure piping B31.3 Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping

Size Designator	NPT/ISO Pipe Size (in.)	316 Stainless Steel and Carbon Steel				Brass			
		Male		Female		Male		Female	
		psig	bar	psig	bar	psig	bar	psig	bar
1	1/16	11 000	760	6700	460	5500	380	3300	230
2	1/8	10 000	690	6500	440	5000	340	3200	220
4	1/4	8000	550	6600	450	4000	270	3300	220
6	3/8	7800	540	5300	360	3900	270	2600	180
8	1/2	7700	530	4900	330	3800	260	2400	160
12	3/4	7300	500	4600	320	3600	250	2300	160
16	1	5300	370	4400	300	2600	180	2200	150
20	1 1/4	6000	410	5000	350	3000	200	2500	170
24	1 1/2	5000	340	4600	310	2500	170	2300	150
32	2	3900	270	3900	270	1900	130	1900	130

To determine working pressure ratings in accordance with ANSI B31.1 Power Piping for 316 stainless steel, multiply psig by 0.94. Brass ratings remain the same. To determine working kPa, multiply psig by 6.89.





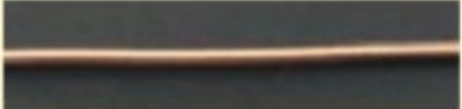
Calculations based on:

Material	Allowable Stress Value		Design Factor	Ultimate Tensile Strength	
	psi	bar		psi	bar
316SS	20 000	1378	3.75:1	75 000	5170
brass	10 000	689	4:1	40 000	2760
steel	20 000	1378	3:1	60 000	4140





各種材質的管子

	Dimensions: in. (mm)			Max psi at 70°F
	ID	OD	Wall	
<p>Bev-A-Line IV</p>  <p>Nylon</p>	$\frac{1}{8}$ (3.2)	$\frac{1}{4}$ (6.4)	$\frac{1}{16}$ (1.6)	72
 <p>Polyethylene(LDPE)</p>	$\frac{3}{16}$ (4.8)	$\frac{1}{4}$ (6.4)	$\frac{1}{32}$ (0.8)	250
 <p>PVC reinforced</p>	0.17 (4.3)	$\frac{1}{4}$ (6.4)	$\frac{3}{64}$ (1.2)	125
 <p>Copper</p>	$\frac{1}{2}$ (12.8)	$\frac{3}{4}$ (19.1)	$\frac{1}{8}$ (3.2)	200
	$\frac{3}{16}$ (4.8)	$\frac{1}{4}$ (6.4)	$\frac{1}{32}$ (0.8)	1450





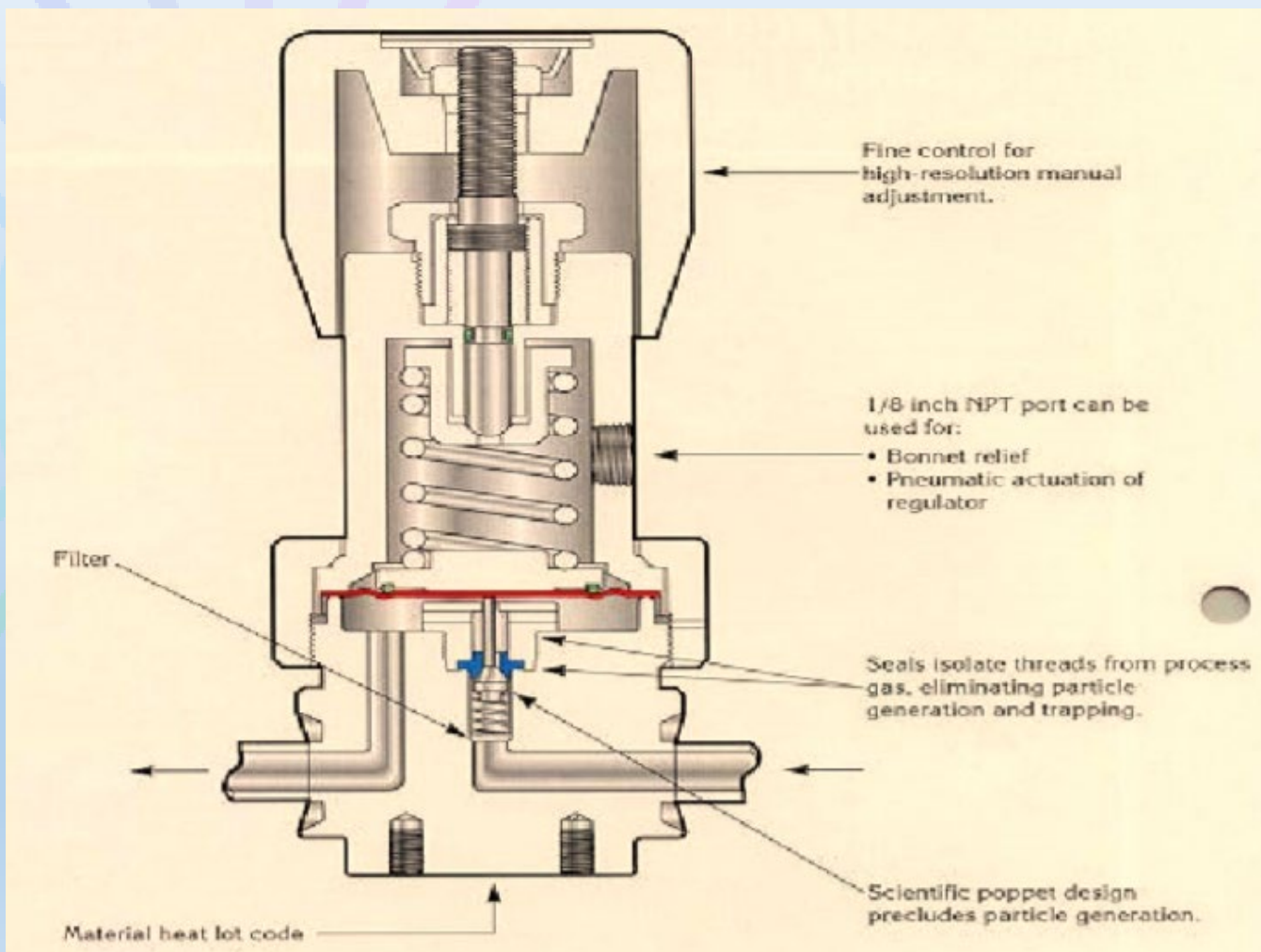
氣體壓力調節閥Regulator

單段式調節閥



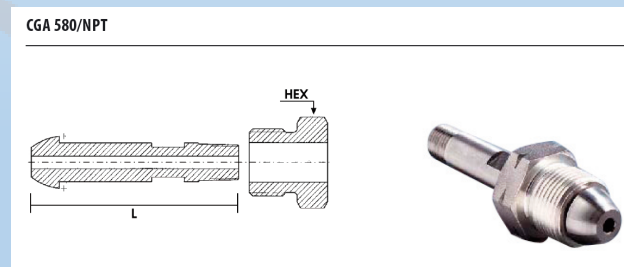
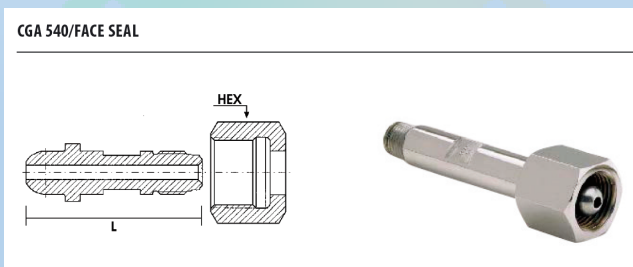


壓力調節閥的構造



高壓氣體鋼瓶接頭的規格

- 分為美規CGA(Compressed Gas Association)、日規等。
- 不同的氣體鋼瓶配有不同型號的接頭，目的是防止不同的氣體反應。例如：Argon-6000 psi的接頭為CGA-677。
- 實驗室使用規格：CGA-580/540



Metal to metal sealing (no gasket)





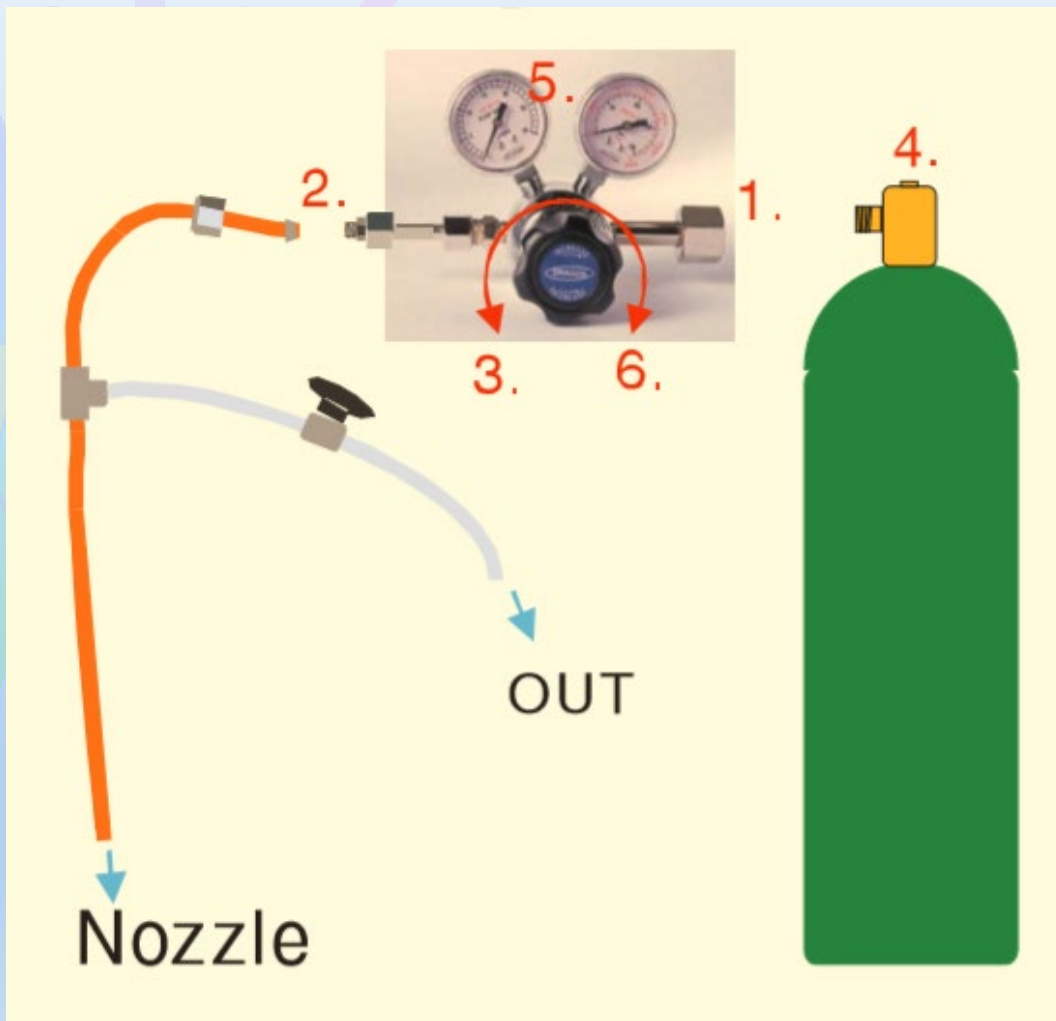
安裝 Regulator

1. 將Regulator輸入端接到鋼瓶的CGA接頭上
2. 將Regulator輸出端以Swagelok接到管路上
 - 2.1 將Regulator壓力調節鈕順時鐘方向轉到緊
 - 2.2 以真空泵浦抽掉管路內空氣
3. 將Regulator壓力調節鈕反時鐘方向轉到鬆
4. 打開鋼瓶的閥門
5. 檢查Regulator的兩個壓力計
6. 將Regulator壓力調節鈕順時鐘方向慢慢轉到所要的壓力
7. 如果輸出壓力太大，應先做3的動作，再打開洩氣閥把管線中的氣體洩掉，再做6的動作
8. Regulator與Swagelok安裝完成後應以肥皂水來進行測漏，避免因漏風而造成氣體浪費





安裝 Regulator



原分所內液態氮填充



原分所一樓可填充大型液態氮桶



實驗室內液態氮填充



使用藍色的閥門



原分所三樓新舊大樓間走廊有公用液態氮壓力筒可供小量填充使用





實驗室安全的重要性

- 保護自己的生命安全與健康
- 保護他人的生命安全與健康
- 法規要求
- 事前預防？事後後悔！





實驗室環境的特性

- 使用的危險物、有害物或毒性化學物質眾多
- 人員更替頻繁，新進人員為數眾多
- 從事新研發，未知風險高
- 各式技術、設備密集
- 實驗室各自獨立，互不瞭解





實驗室危害來源與類型

- 機械設備
- 雷射
- 水、電、高壓氣體
- 放射性物質
- 化學品
- 生物材料
- 具危害性之環境
- 其他
- 物理性危害
- 化學性危害
- 生物性危害
- 人因性危害
- 心理性危害
- 其他





物理性危害

- 因物理能量，如電氣、機械、噪音、輻射、異常溫度、振動、照明、異常氣壓等造成人體的危害





電氣危害

- 人體或設備因接觸到電流，或電流產生的高溫而導致的傷害
- 感電災害
- 電弧灼傷
- 電氣火災





機械危害

- 由於機械元件、工具或工件的機械運動，或是固體或液體噴射所造成的危害。
- 實驗室機械性危害的型式：包括擠壓、剪斷、切斷、絞入、陷入、衝擊、刺傷、磨擦、高壓液體噴射、絆倒或跌倒等。





噪音危害

- 來源：機械設備操作，衝擊性、持續性。
- 聽力損失：暫時性與永久性
- 生理及心理影響：血壓升高及心跳速率增加等。





游離輻射危害

- 來源：使用放射性元素、操作內含放射性元素之儀器或可產生游離輻射之設備等。
- 健康危害：致癌、遺傳效應、白內障、皮膚損傷、不孕





非游離輻射危害

- 來源：紫外線、紅外線、微波、雷射等
- 健康危害：熱危害(皮膚、眼睛等)





異常溫度

- 來源：接觸加熱過之器皿、液態氮之使用、冷凍櫃之使用等
- 健康危害：燙傷與凍傷
- 預防方式：視危害狀況，配戴適當等級的耐高溫手套或耐低溫手套，及防護眼鏡等防護具。





化學性危害

- 有害性：因人體吸入、食入、皮膚噴濺或經由其他途徑與化學物質接觸，而導致的中毒或腐蝕等類型的傷害。
- 危險性：由於使用化學物質時，因化學變化中放出的能量，所引起的災害，例如：火災與爆炸意外。





生物性危害

- 植物、動物、微生物或是其產物可影響人類健康或是造成不舒適，具潛在風險。
- 來源：針扎、操作生物體樣本時失誤使病原體氣懸化而吸入、遭攜帶病原體的實驗動物咬傷或抓傷等。
- 生物性危害類別：
 - 感染
 - 過敏
 - 中毒





人因工程定義

- 瞭解環境的特性與人的能力及限制
- 透過環境與工具的改善，提升工作的效率、安全與舒適





人因性危害

- 人機介面不良：機器設備使用介面設計不良，導致失誤率增加或身體傷害的發生，例如電腦使用
- 累積性肌肉骨骼傷害(CTD)：長時間、重複性與不自然的動作所引起的肌肉骨骼傷害，好發於上半身，例如下背痛、腕隧道症候群、肌腱炎、網球肘
- 人為失誤：因為人的情緒、主注意力、疲勞程度等因素造成的失誤，例如失誤動作(防呆裝置)





心理性危害

- 如工作表、過勞等壓力





初期應變注意事項

- 第一應變想法——安全Safety，維護現場人員安全
- 第一優先動作——隔離Isolation(and Deny Entry)，現場隔離及禁止出入
- 第一警示動作——通報Notification，通報災情





安全衛生三階段

- 瞭解規範內涵
- 確實遵守規範、切忌疏忽大意
- 培養發現、評估與控制危害的能力
 - 辨識危害
 - 評估危害
 - 控制危害





實驗室危害辨識、評估與控制

- 對實驗室內之危害進行辨識、評估與控制，並設定緊急應變程序，以預防災害發生，及在災害發生時可將傷害降至最低程度。
- 閱讀實驗室的安全衛生工作守則，並遵守其中規定
- 瞭解所使用的原料材料、機械設備，流程與實驗室環境之危害特性，評估其安全健康風險，採取適當的危害控制措施。(雷射使用、化學品存放與使用、通風設備、壓力容器、生物材料、游離輻射.....)
- 依實驗室特性評估可能的災害類型，設定緊急應變程序，準備所需之應變與急救器材，並演練緊急應變程序。





實驗室災害防救策略

- 建立實驗室安全衛生管理制度（包括區分危害種類及硬體設施之安全管理、實驗室化學品、毒性化學物質、危險性機械設備、電器設備管理）
- 實驗室人員的安全衛生教育訓練
- 實驗室災害緊急應變措施
- 執行自動檢查與稽核制度





實驗室安全衛生管理

- 瞭解國內相關法規
- 瞭解學校安全衛生管理體系
- 瞭解實驗室特性與環境





實驗室安全衛生管理相關法規

- 勞動部相關法規(職業安全衛生法.....)
- 環境保護署相關法規(毒性化學物質管理法.....)
- 衛生福利部相關法規(生物實驗室安全規範.....)
- 原子能委員會相關法規(游離輻射防護法.....)
- 內政部消防署相關法規(消防法.....)
- 其他相關法規(經濟部、農委會.....)





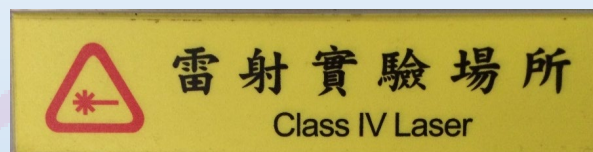
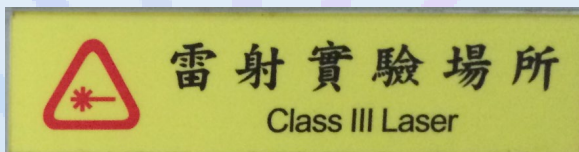
瞭解學校安全衛生管理組織

- 實驗室安全衛生管理單位：常見名稱為**環安中心**、**環安室**或**環安組**。
- 瞭解其他相關的行政程序：例如**毒性化學物質**請購流程與使用規範。





原分所實驗場所標誌





實驗工作守則

安全

- 好奇心害死貓
- 三思而後行（小心駛得萬年船）
- 知過能改（莫非定律）
- 對好奇心充滿熱情是我唯一的特殊才能（愛因斯坦）
- 盡信書不如無書（學長姊說）
- 大膽假設小心求證（魔鬼藏在細節裏）





實驗工作守則

效率

- 熟悉實驗室環境及各項物品(盤點)，不了解的東西就問
- 非自己負責實驗區的物品未經許可切勿動手
- 物品工具使用完畢立即歸回原位
- 察覺異狀立即反應





實驗工作守則

 **安全第一**





雷射安全

- 雷射傷害
- 雷射使用環境注意事項
- 雷射光路架設注意事項
- 個人防護注意事項
- 急救、就醫、與後續觀察





雷射傷害

- 直射眼睛傷害
 - 妨礙視覺
 - 引起各類眼睛病變
- 眼睛長時間暴露於強光
 - 引起各類眼睛病變
- 強雷射光直射皮膚
 - 皮膚燒傷





直射眼睛傷害——妨礙視覺

- 輕微者依情況在數日到數月不等的時間復原，視野中的黑色區域隨時間縮小或變淡。
- 最嚴重者導致黑色區域永久存在

The Review covers recent progress in laser-matter interaction at intensities above $10^{18} \text{ W cm}^{-2}$. At these intensities electrons swing in the laser pulse with relativistic energies. The laser electric field is already much stronger than the atomic fields, and any material is instantaneously ionized, creating plasma. The physics of relativistic laser-plasma is highly non-linear and kinetic. The best numerical tools applicable here are particle-in-cell (PIC) codes, which provide the most fundamental plasma model as an ensemble of charged particles. The three-dimensional (3D) PIC code Virtual Laser-Plasma Laboratory runs on a massively parallel computer tracking trajectories of up to 10^9 particles simultaneously. This allows one to simulate real laser-plasma experiments for the first time.

When the relativistically intense laser pulses propagate through plasma, a bunch of new physical effects appears. The laser pulses are subject to relativistic self-channelling and filamentation. The gigabar ponderomotive pressure of the laser pulse drives strong currents of plasma electrons in the propagation direction; these currents reach the Alfvén limit and generate 100 MG quadrupole magnetic fields. These magnetic fields, in turn, lead to the mutual filament attraction and super-channel formation. The electrons in the channels are accelerated up to gigaelectronvolt energies and the ions gain multi-MeV energies. We discuss different mechanisms of particle acceleration and compare numerical simulations with experimental data.

One of the very important applications of the relativistically strong laser beams is the fast ignition (FI) concept for the inertial fusion energy (IFE). Petawatt-class lasers may provide enough energy to isochorically ignite a pre-compressed target consisting of thermonuclear fuel. The FI approach would ease dramatically the constraints on the implosion symmetry and improve the energy gain. However, there is a set of problems to solve before the FI will work. The laser pulse cannot reach the dense core of the target directly. The laser energy must be converted into fast particles first and then transported through the overdense plasma region. The energy spectra of the laser-generated particle beams, their emittance and transport problems are discussed here.

在視線中心
嚴重影響視覺、阻礙閱讀

非在視線中心
干擾視覺





雷射危險等級

- 第一級：低輸出雷射，不論何種條件下對眼睛都不會超過MPE值，可以保證設計上的安全，不必特別管理
- 第二級：低輸出的可視雷射，人閉合眼睛的反應時間為0.25秒，用這段時間算出的曝光量不可以超過MPE值。通常1 mW以下的雷射，會導致暈眩無法思考。用閉合眼睛來保護，不能說完全安全。
- 第三級：中輸出雷射，光束若直接射入眼睛，會產生傷害。基於某些安全的理由，進一步分為3A和3B級。3A級為可見光的連續雷射，輸出為5 mW以下的雷射光束，光束的強度不要超過25 W/m²。3B級為0.5 W以下的連續雷射光，直接在光束內觀察有危險。
- 第四級：高輸出雷射，有火災的危險，擴散反射也有危險。

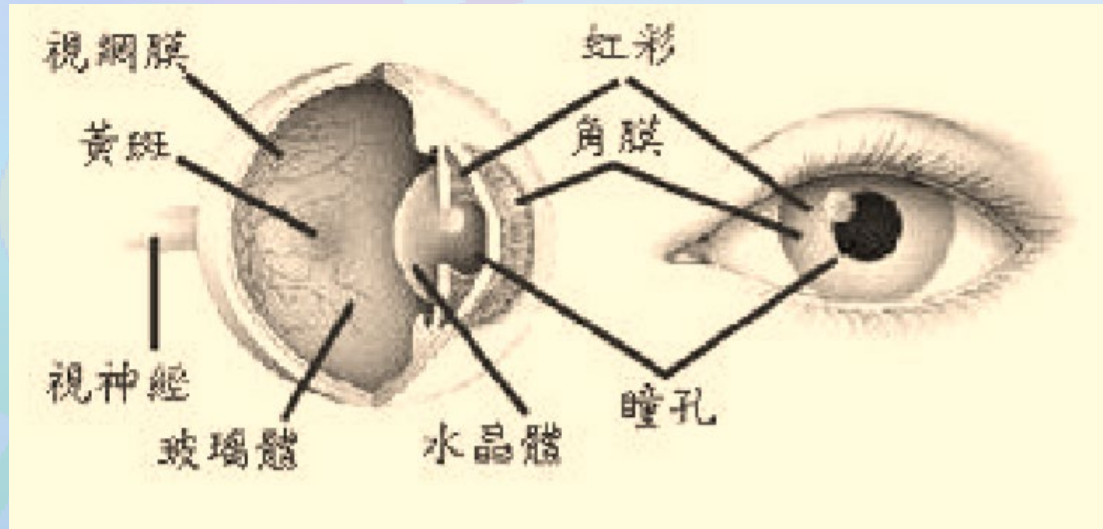
舊系統：I、IIa、II、IIIa、IIIb、IV

新系統：1、1M、2、2M、3R、3B、4





眼球構造





主要雷射眼睛傷害

<u>Wavelength</u>	<u>Effected Area</u>
200nm - 315nm	角膜
315nm - 400nm	水晶體
400nm - 1,400nm	視網膜
1,400nm - 3,000nm	角膜/水晶體

- 最多的雷射是落在對視網膜造成傷害的波段，
尤其是在視網膜上雷射已被聚焦到很小的點，
強度提高千倍。
- 脈衝雷射因其峰值強度比相同平均功率的連續光雷射高千萬倍以上，極度危險，1 μJ 能量打入瞳孔即可造成傷害。
- 眼睛看不見的波段(如近紅外光)的雷射因不易察覺更是危險。





雷射安全觀念

- 學溜冰和滑雪第一步就是學如何安全的摔。
- 使用專業的雷射要有專業的訓練，其第一步就是安全的防護。
- 有50%雷射眼睛傷害的案例是被他人實驗造成的！
- 所以所有人都要從三方面思考：防範對自己的傷害、防範對他人的傷害、及防範被別人傷害。





雷射使用環境注意事項



雷射危險區域標示與燈號

- 非專業人員不能進入實驗區，若必須進入則必須在非實驗進行時間或戴上護目鏡





遮住鏡面般的反射面——如玻璃 櫥窗





隔開雷射區與實驗架設區、實 驗架設區與實驗控制區





電腦螢幕與椅子



電腦螢幕必須高過標準光路高度

實驗室椅子一定採用高腳椅，以避免坐下時眼睛高度降到雷射光路高度。

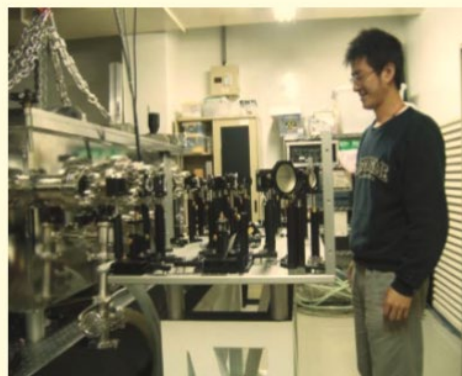
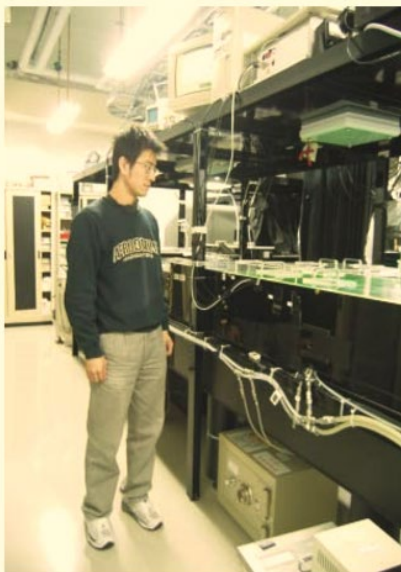




雷射光路架設注意事項



光路架設高度

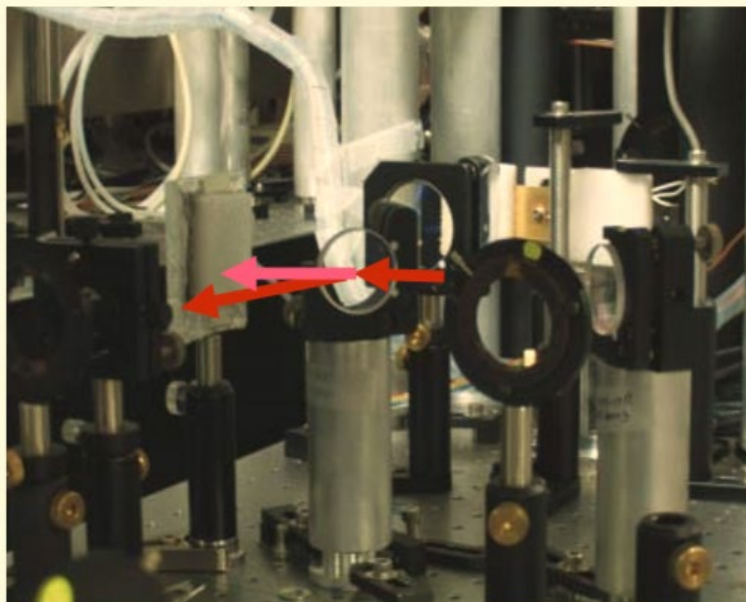


- 雷射光路保持水平，高度在胸部和腰部之間，以和眼睛高度有夠大的差距。





擋住任何漏光



- 低能量光束遮光 → 使用鋁片噴黑漆或貼黑色膠帶
- 低能量光束遮光（有燃燒或打出粉塵可能） → 散射後再吸收





光路架設要放在黑色盒子內

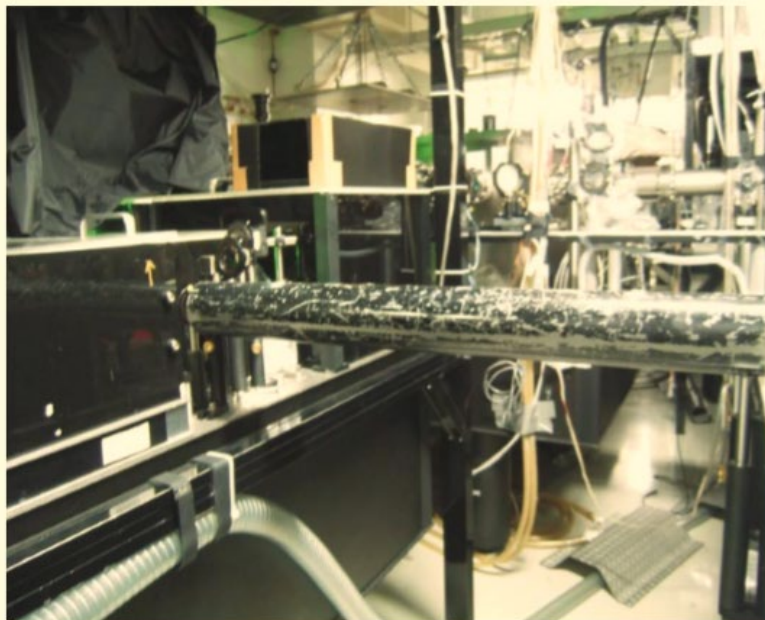


- 雷射光路在黑色盒子（壓克力、塑膠瓦楞版）內不僅是保護自己和他人必要的措施，也是光學架設穩定性必然的要求。





光學桌間的光路穿越

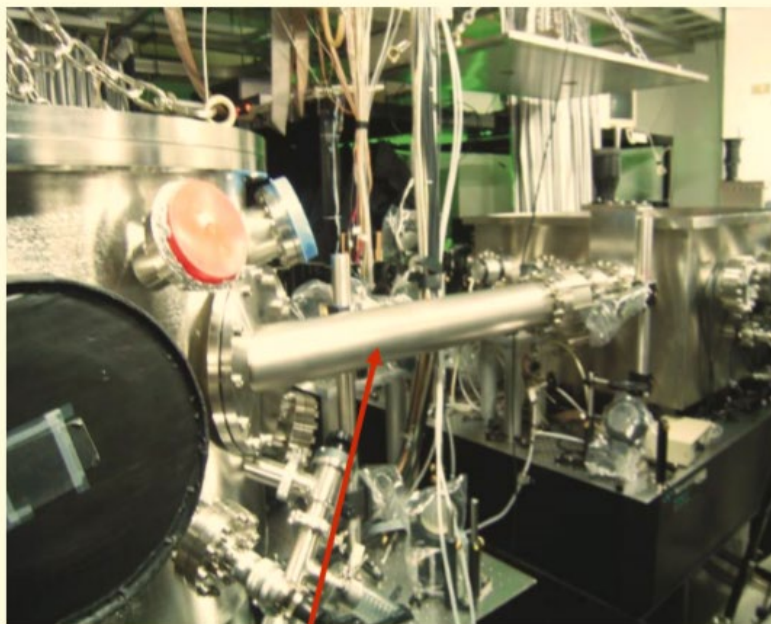


- 雷射光路穿越人可能行走之處時一定要有遮蔽管，這是最有可能造成自己或他人的傷害之處。





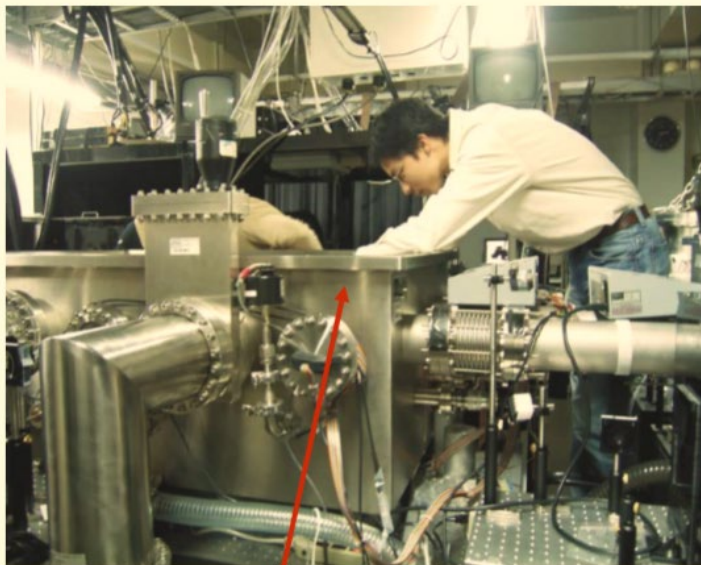
真空系統內的光路



- 真空系統下雷射光路穿越必然有真空的連接管，故無此危險。



真空系統內的光路



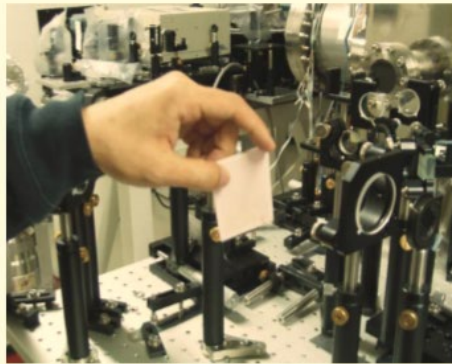
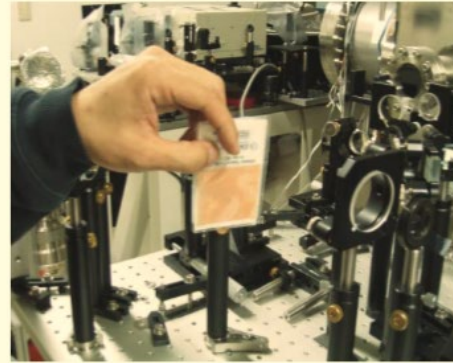
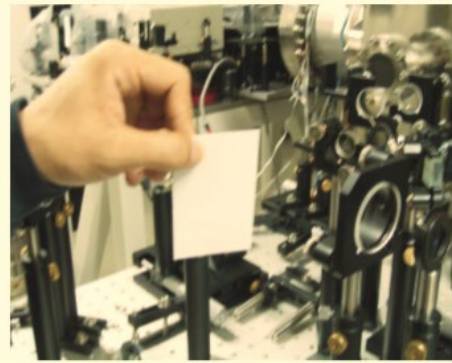
- 真空系統下的雷射光路架設最好設計從上方開啟腔門而非從側面。





以散射之白卡片 card來看雷射光

、UV card、IR



- 卡片本身表面應避免有光滑塑膠膜，若有則應該磨成霧狀。

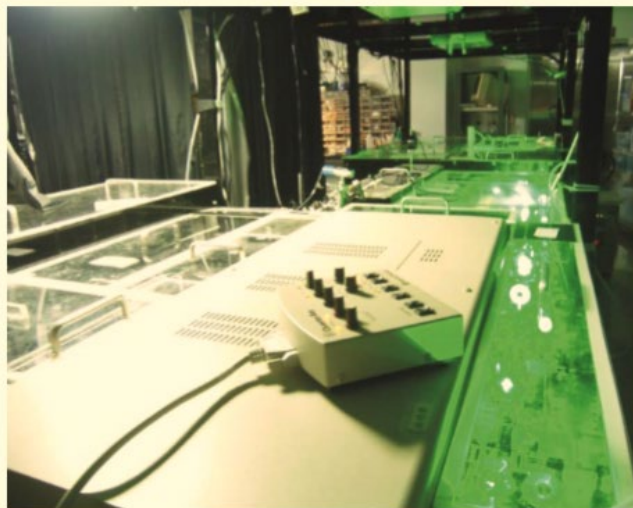




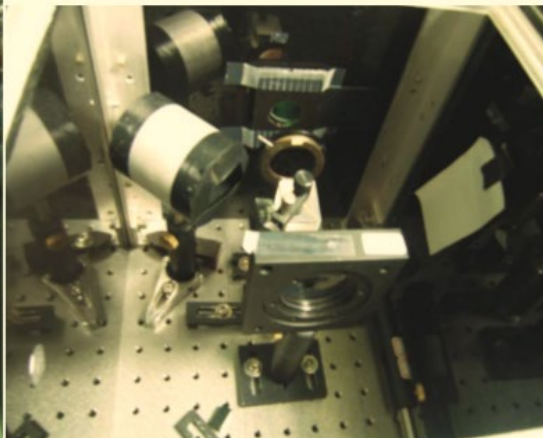
以盡量低的雷射光能量來架設光路



電子方式



光學方式



- 架設光路時藉電子控制或光學控制的方式降低雷射光能量到足以進行架設就好。就定位後做好防護才能開始提升能量。



撿拾掉落物品



工具掉落



背對架設



閉眼蹲下撿拾

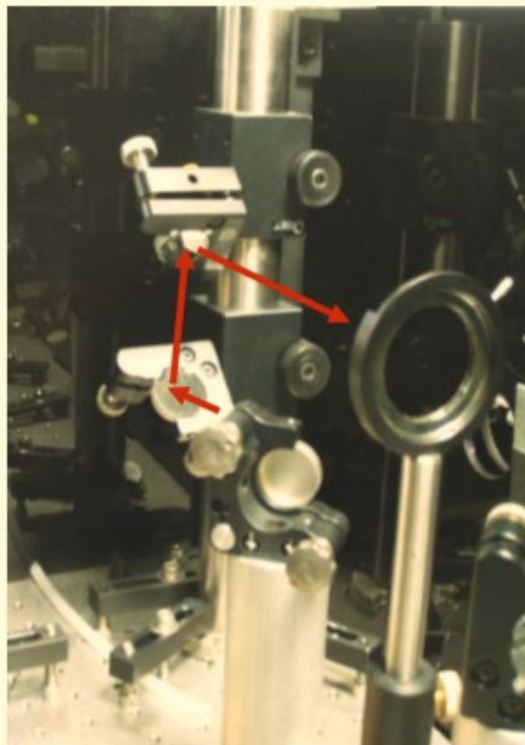


背向閉眼站起





最危險的光路架設



- 任何將光路向上打的架設，例如改變光路高度的潛望鏡，都必須特別小心。





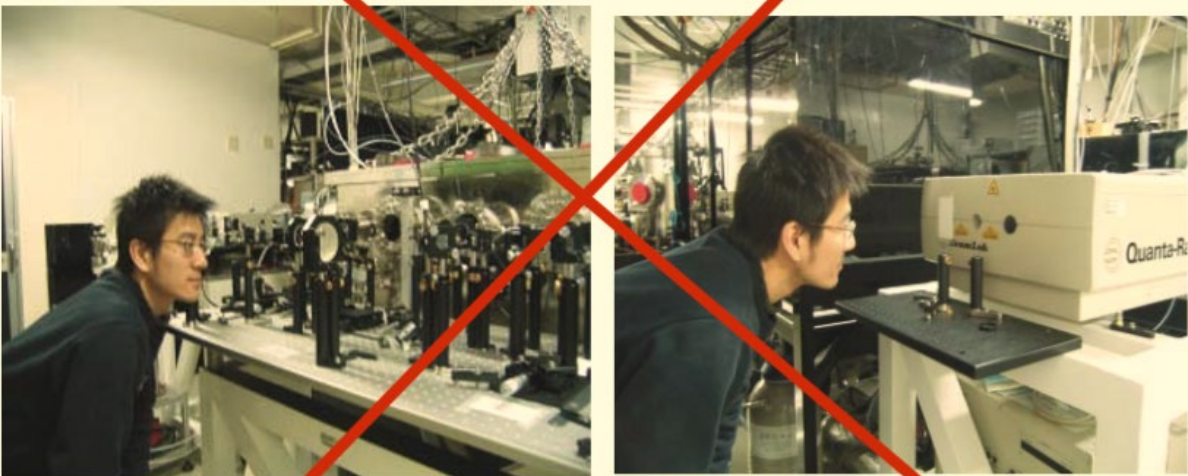
偷懶是造成自我傷害的主因

- 保持反射面垂直桌面
 - 應把元件裝在架子上後，在安全區放入桌面，然後水平移動。
 - 隨時更換的元件應設計使其只允許安全方式放入。
 - 不能以手拿著元件或鏡架騰空放在光路。
- 遵守基本程序
 - 在有危險性的光束中進行架設元件時應先用遮光器遮住光束後，再放入元件，然後再移除遮光器。
 - 架設每個光學元件鏡架在桌面上要確實鎖緊，不要只是覺得暫時放一下而已不固定，不小心撞倒時就容易傷害眼睛，而且最後忘記鎖緊的話也會影響實驗而難以查出原因。





永遠不該做的動作



- 永遠不能把眼睛放在光路高度觀察，也不能拿眼睛來直接看光的出口。



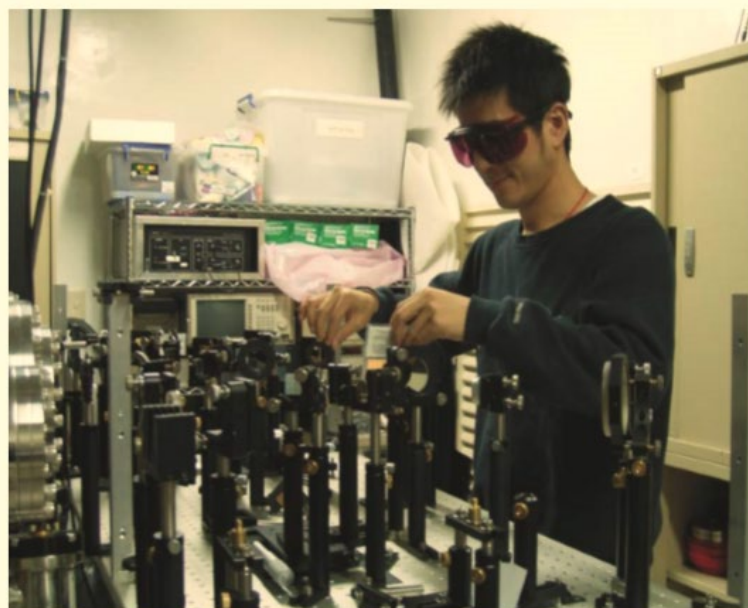


個人防護注意事項





配戴護目鏡



- 除非是已固定安全封閉的光路或有執行上的困難（另尋他法注意防護），否則一定要配戴護目鏡。





護目鏡的要點



- 護目鏡必須針對你使用的雷射光波段有10萬倍的衰減，而通過安全且在可見光的波段來讓你工作。不是隨便拿個叫做護目鏡的就以為很安全。
- 護目鏡要能遮住側面來的光。
- 直接拿強雷射光對眼睛打，有護目鏡也不足以保護。





雷射護目鏡的選購

- 雷射護目鏡有兩項重要的參數：一是波長範圍、另一是在此波長範圍的O.D.值（Optical Density）。這兩項參數一般都會標示在護目鏡上。
- O.D.值的計算： $O.D. = \log_{10} \frac{1}{T}$; T為光的穿透率。
- 例如：當穿透率T為千分之一(1/1000)時，O.D.=3
- 所以在選購雷射護目鏡時，要先了解實驗所使用雷射裝置的波長及強度，據以判斷所需的雷射護目鏡的適當參數。
- 以使用雷射波長在700nm，峰值功率在百萬瓦級(10^6 W)的脈衝雷射為例。當要把因為表面反射(4%)到眼睛的雷射光衰減到0.1毫瓦(0.1mW)以下時，你就必須選購波長標示在700nm或是波長範圍涵蓋700nm且O.D.值至少要大於9的雷射護目鏡。
$$10^6 \times 4\% \times T < 10^{-4} \Rightarrow T < 2.5 \times 10^{-9} \Rightarrow O.D. > 9$$
- 因此，一個標示如下的雷射護目鏡就是適用的護目鏡：
- 650-750nm OD>9





實驗前移除身上配戴的可反光物品



- 手錶、戒指因隨著手在光路中移動，最為危險。項鍊在彎腰架設時也很危險。





急救、就醫、與後續觀察

- 一發現異常的閃光就應該立即閉起眼睛，然後到他處檢查。似乎沒有急救方法，只能帶眼罩迅速至醫院檢查。醫院也無立即處理的方法，後續回診觀察後才能尋求治療之道，但目前能做的很有限。





定期檢查

- 非在視線中心的小點容易被忽略，這樣的傷害及長期暴露在強光下可能的病變必須靠定期檢查(一年一度)來發覺，以便及早治療及能有所驚覺而檢討防範。





水能載舟亦能覆舟

- 放射線可引起癌症，但也是診斷和治療癌症最好的利器。
- 脈衝雷射可引起各種眼疾，但也是治療各種眼疾最好的利器。
- 希望大家多注意安全，成為其創造者而非其受害者。





參考資料

- 中央研究院原子與分子科學研究所各實驗室裝置
- 雷射安全-中央研究院原子與分子科學研究所安全委員會
- 用戶用電設備裝置規則-全國法規資料庫：
<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=J0030018>
- 中央研究院原子與分子科學研究所暨國立中央大學物理系，強場物理與超快技術實驗室暑期新生訓練講義。
<http://hfp.phy.ncu.edu.tw/訓練/暑期新生訓練>
- 中研院環安網頁 <https://ehsmd.dga.sinica.edu.tw/>

