

雷射安全

中央研究院原子分子科學研究所安全委員會

雷射傷害

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

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.

在視線中心

嚴重影響視
覺、阻礙閱
讀

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 quasistatic 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 giga-electronvolt 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.

非在視線中心

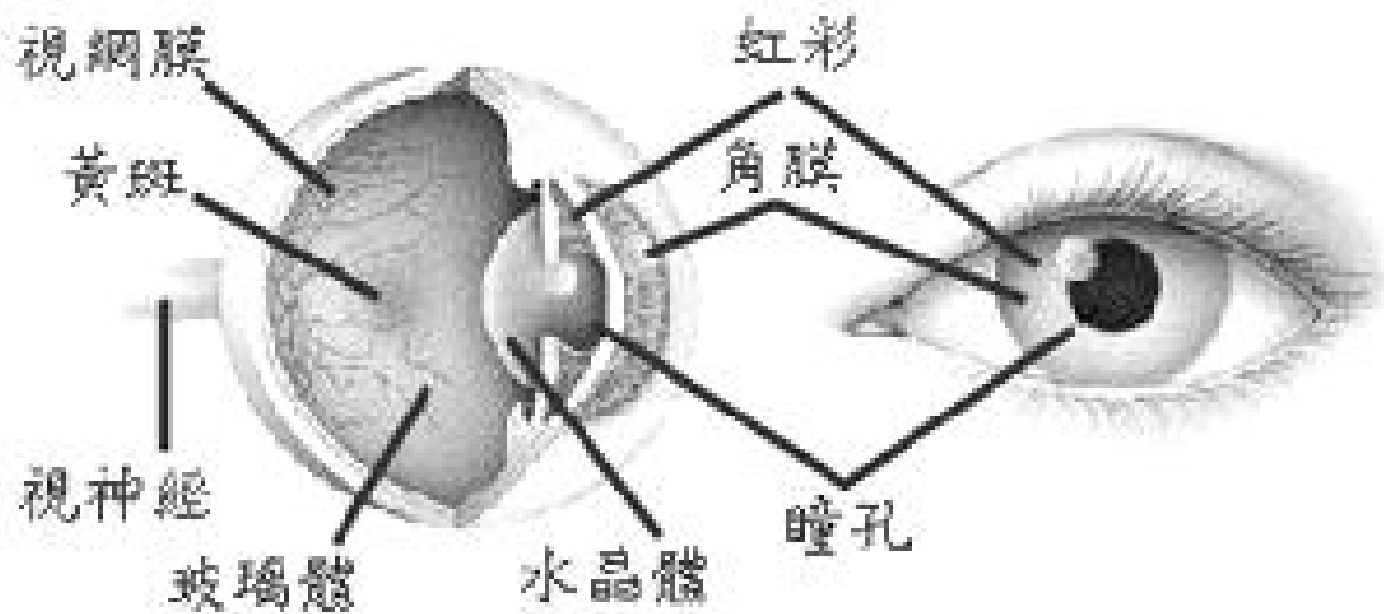
干擾視覺

- 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。

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1mW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5mW以下的雷射光束，光束的強度不要超過25 W/m²。3B級為0.5W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。

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。
- 脈衝雷射因其峯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。

- 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

不同危險等級的燈號



雷射危險標示

護目鏡放置區
(需備有訪客專用的)

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



透明玻璃 4%的反射量，因其不會快速發散，直接打到可造成傷害。必須貼黑色膠膜。

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

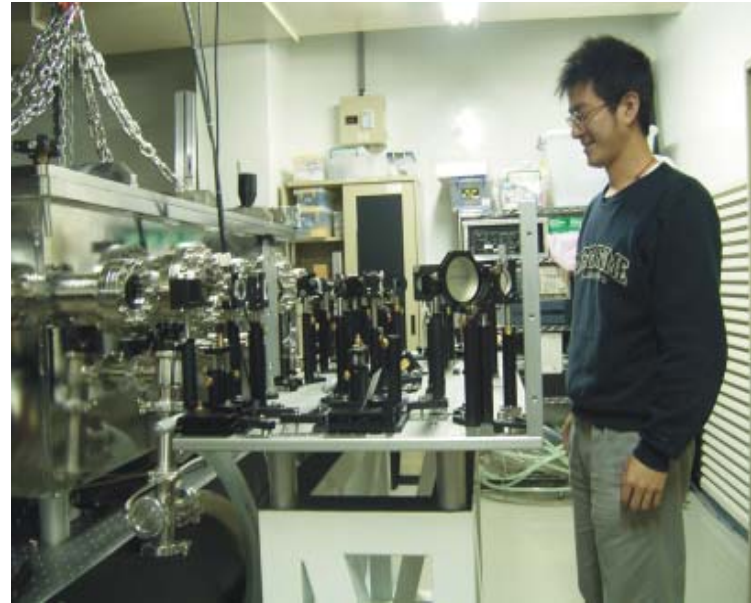


電腦螢幕必須高過標準光路高度

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。

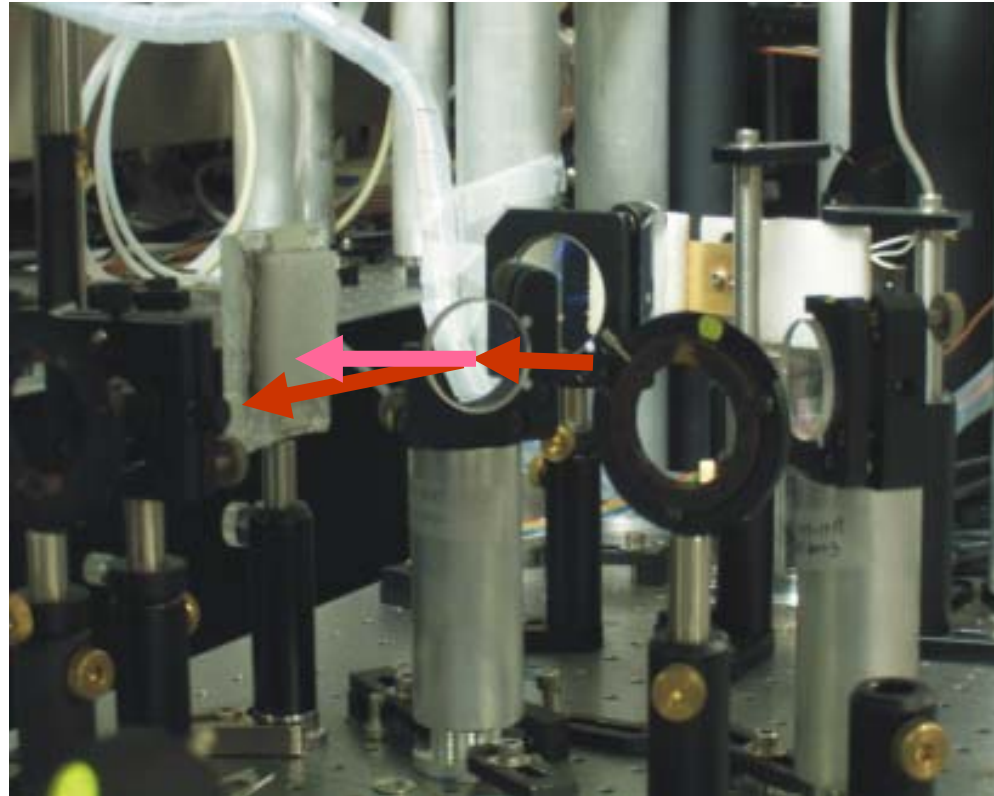
雷射光路架設注意事項

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



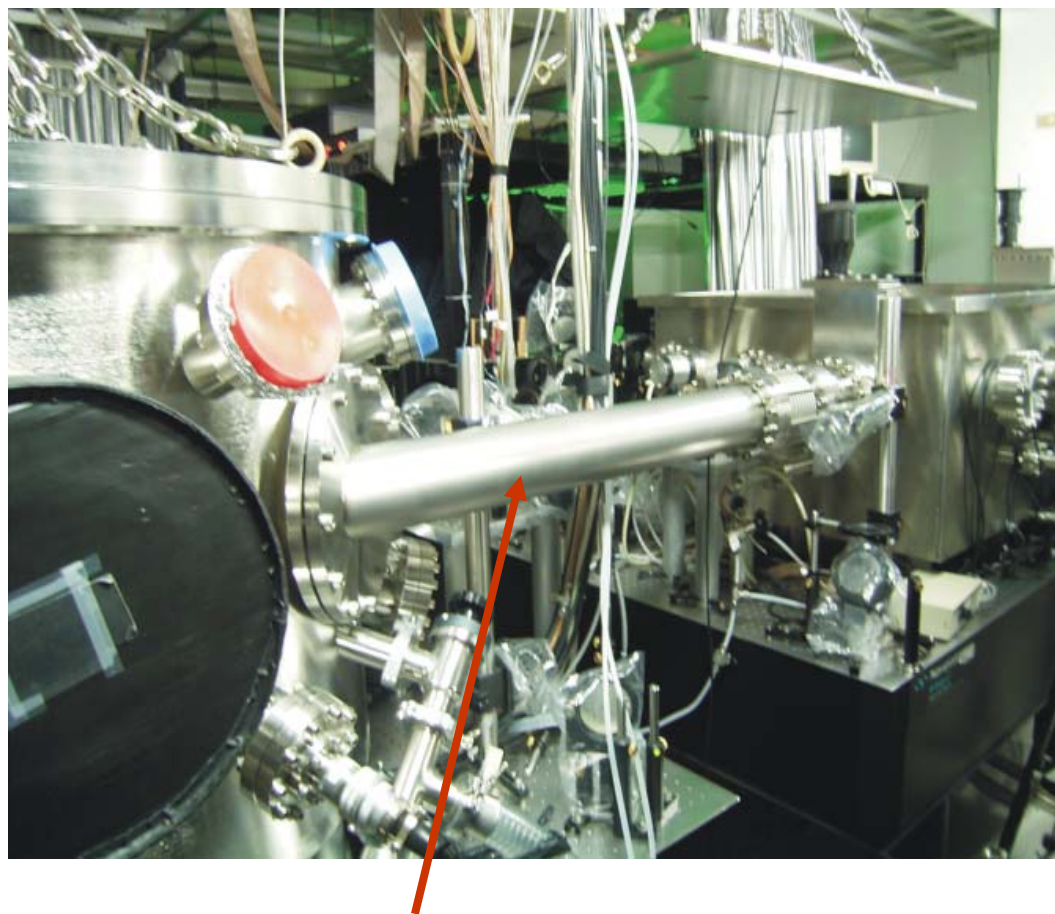
- 雷射光路在黑色盒子（壓克力、塑膠瓦楞版）內不僅是保護自己和他人必要的措施，也是光學架設穩定性必然的要求。

光學桌間的光路穿越



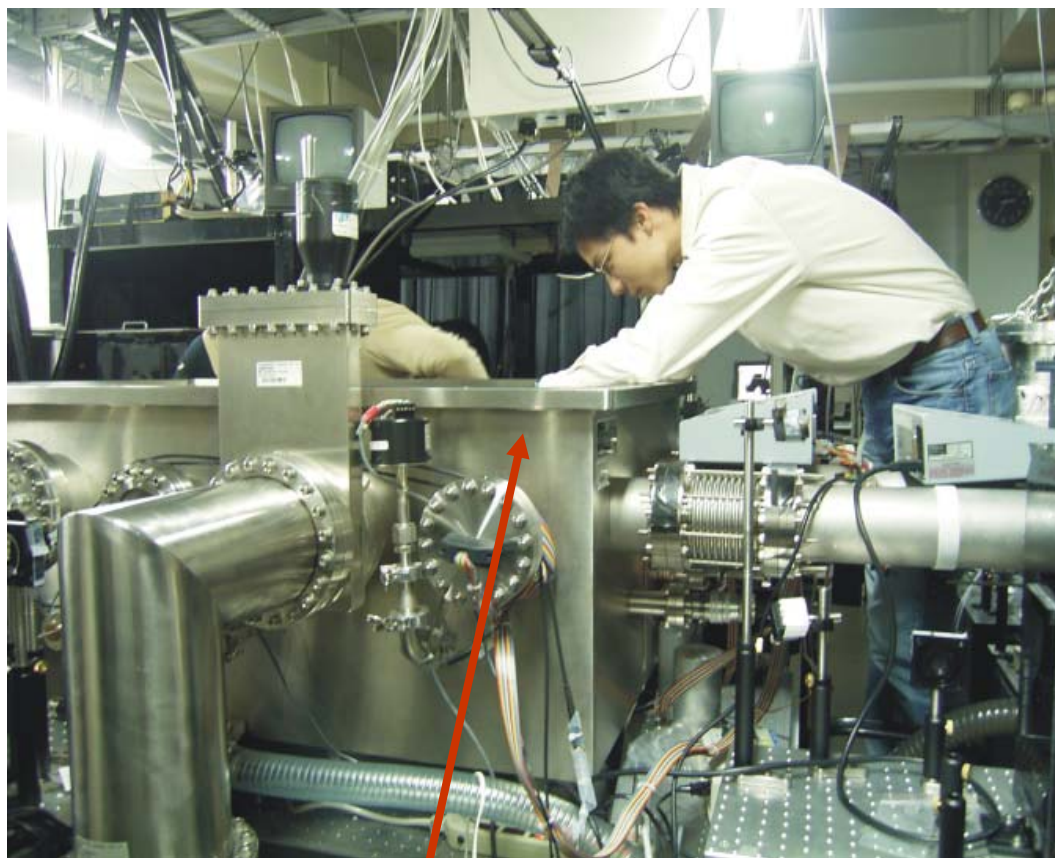
- 雷射光路穿越人可能行走之處時一定要有遮蔽管，這是最有可能造成自己或他人的傷害之處。

真空系統內的光路



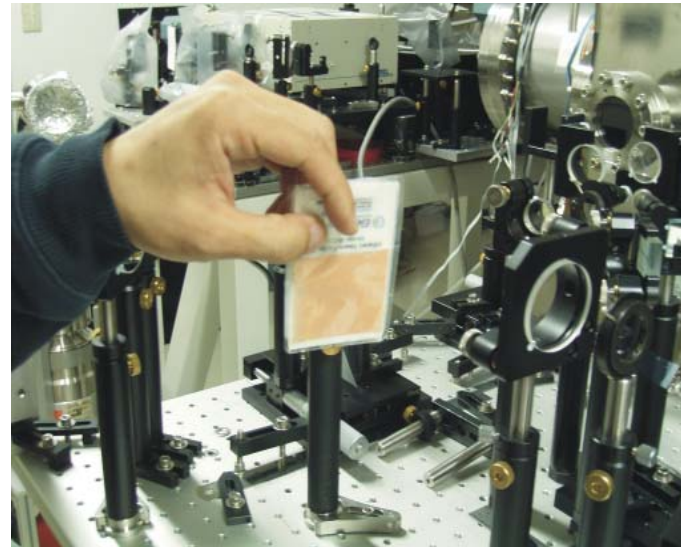
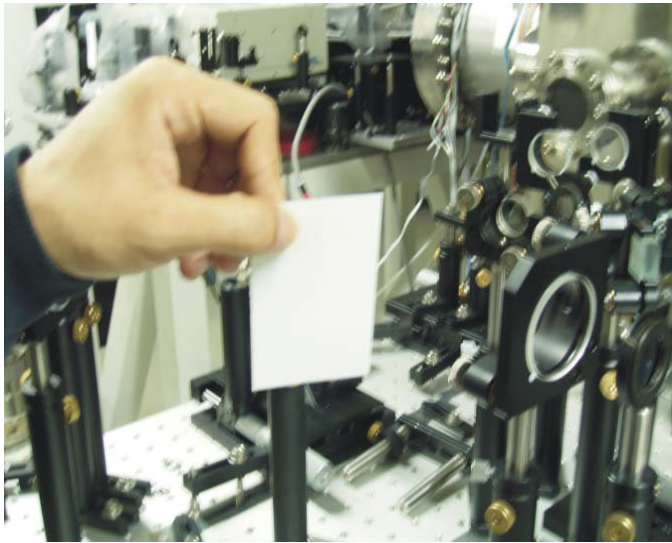
- 真空系統下雷射光路穿越必然有真空的連接管，故無此危險。

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。

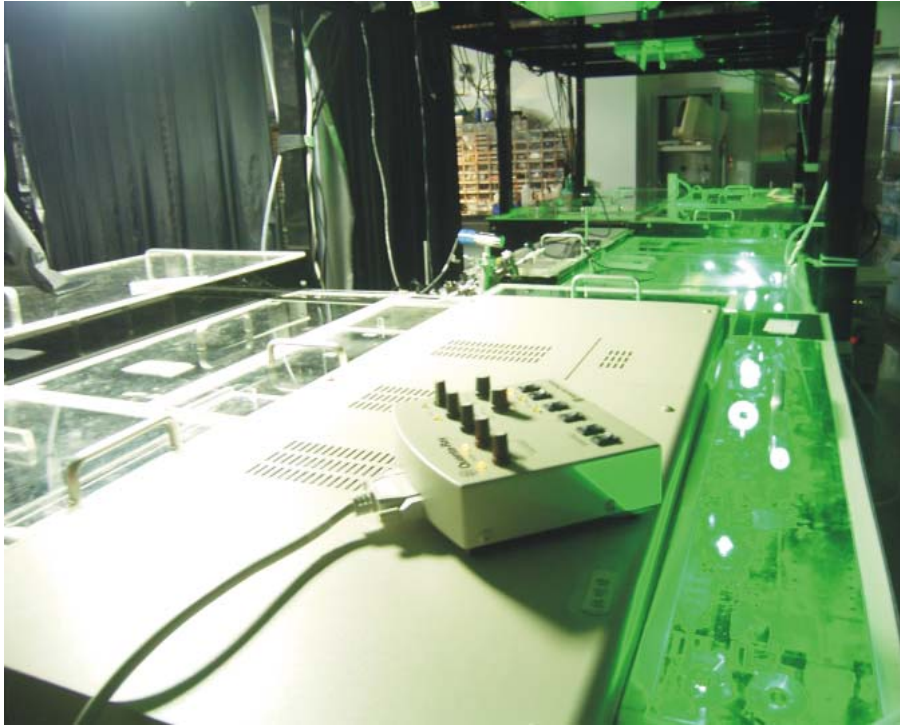
以散射之白卡片、UV card、IR card來看雷射光



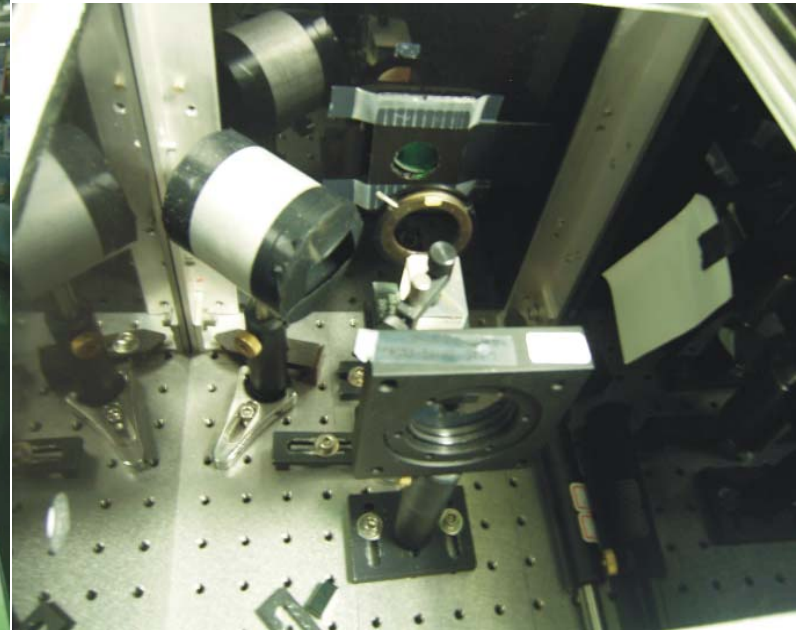
- 卡片本身表面應避免有光滑塑膠膜，若有則應該磨成霧狀。

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

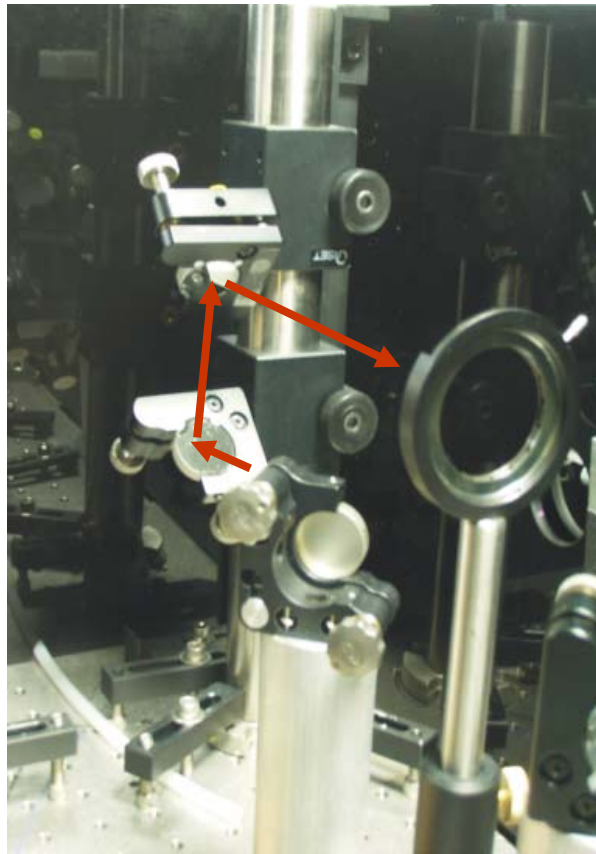


閉眼蹲下撿拾



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

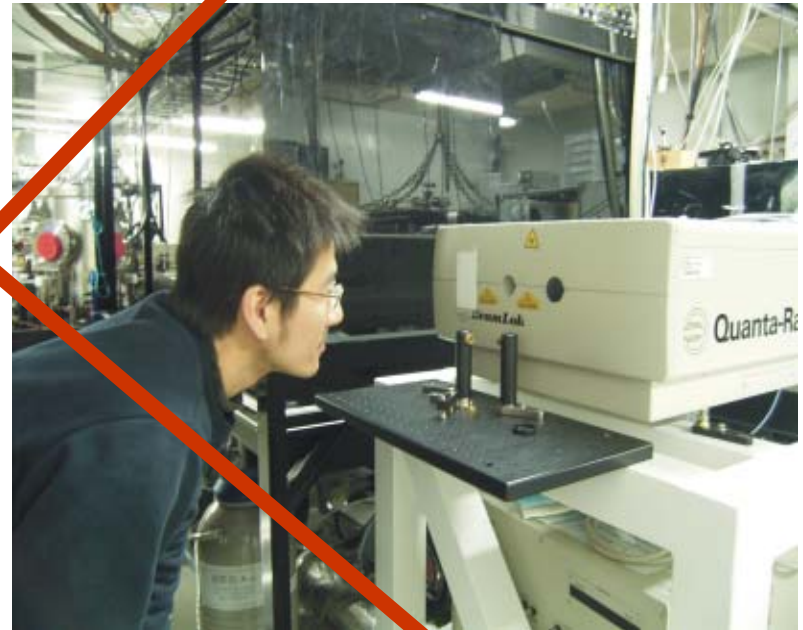
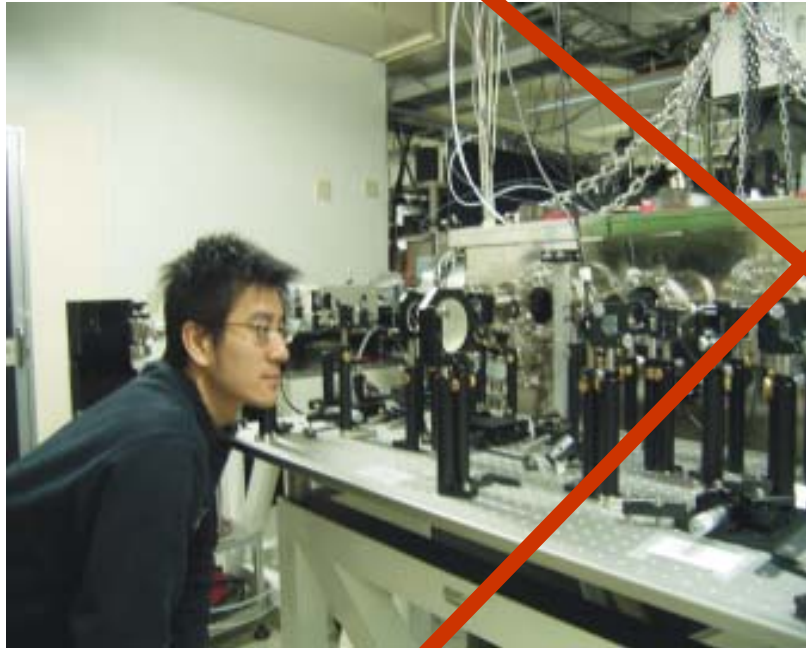
保持反射面垂直桌面

- 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而不固定，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。

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

一有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。

水能載舟也能覆舟

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。