Instituto de Física
UASLP
Instituto de Física
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

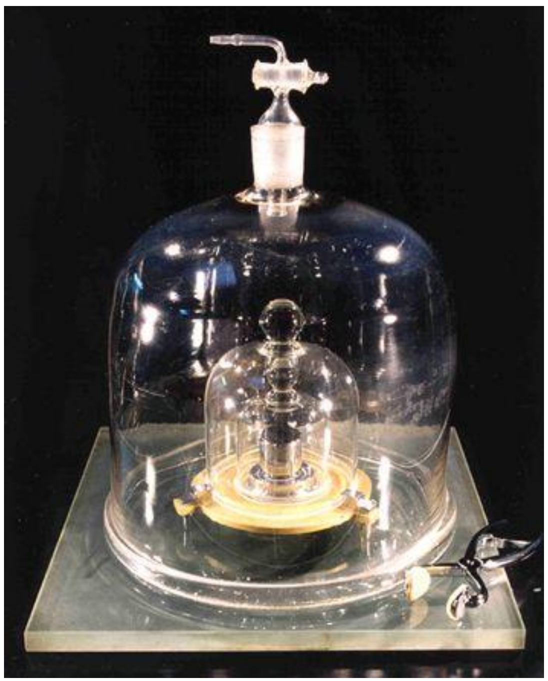
LANMAC

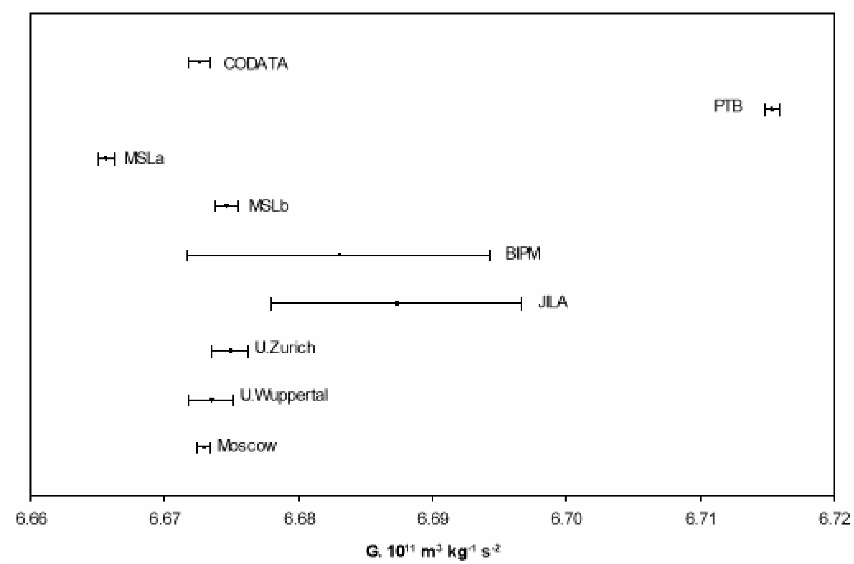
Sensores gravitacionales atómicos

Eduardo Gómez

Financiamiento: CONACYT, UASLP, Fundación Marcos Moshinsky, Laboratorio Nacional de Materia Cuántica (LANMAC)

Medición de masa y G





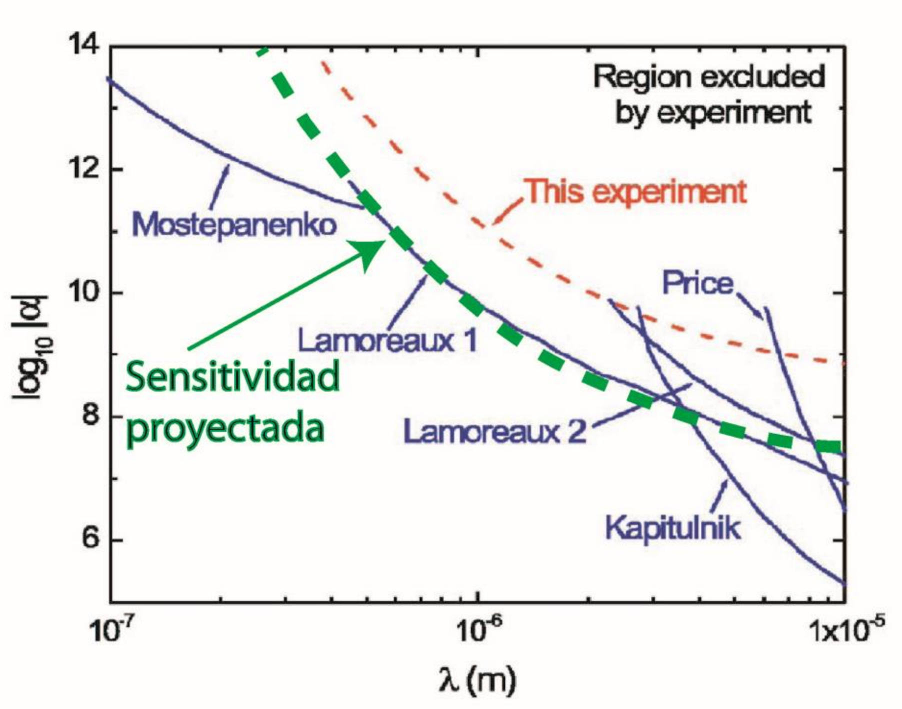
$G = 6.67428\ (67) \times 10^{-11}\ m^3/kg\ s$

$R_\infty = 10973731.568508\ (65)\ m^{-1}$

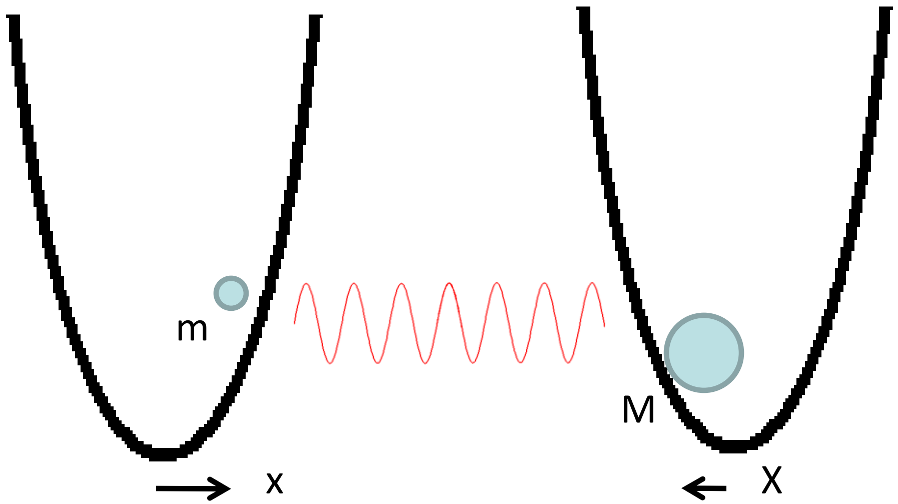
Límites a fuerzas de corto alcance tipo Yukawa

Corrección a la fuerza gravitacional debido a nuevas interacciones

$$F_G \rightarrow F_G\left(1+\alpha\, e^{-r/\lambda}\right)$$

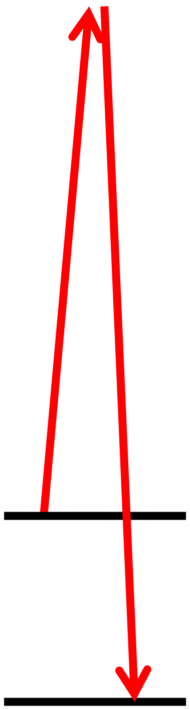


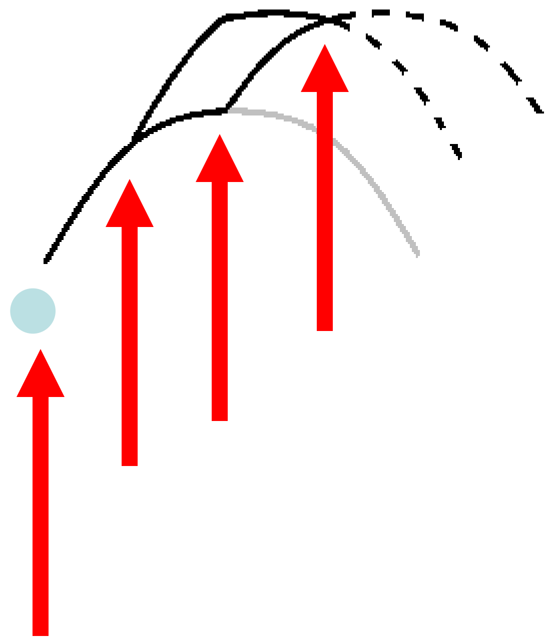
Osciladores acoplados



$$E = \frac{1}{2} m\omega^2 x_{max}^2 = \frac{1}{2} M\omega^2 X_{max}^2 \quad \Longrightarrow \quad M = m\left(\frac{x_{max}}{X_{max}}\right)^2$$

Medición cuántica de g



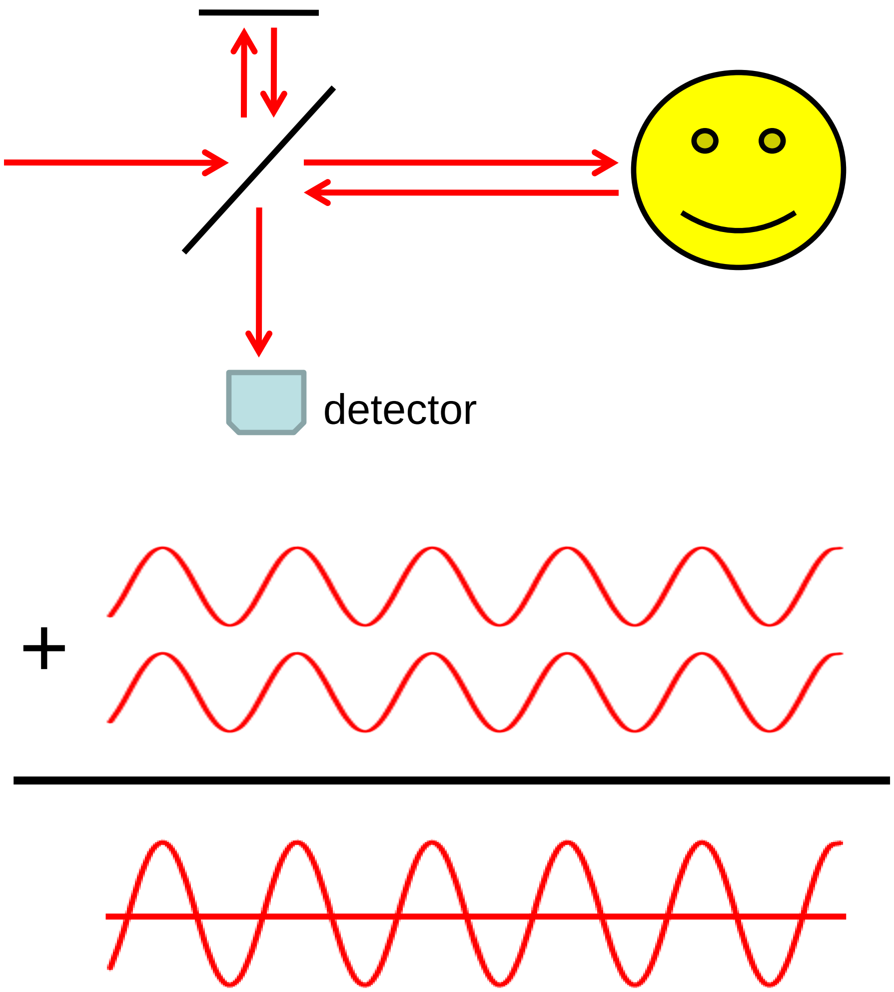


$$F = mg$$

$$V = mgz$$

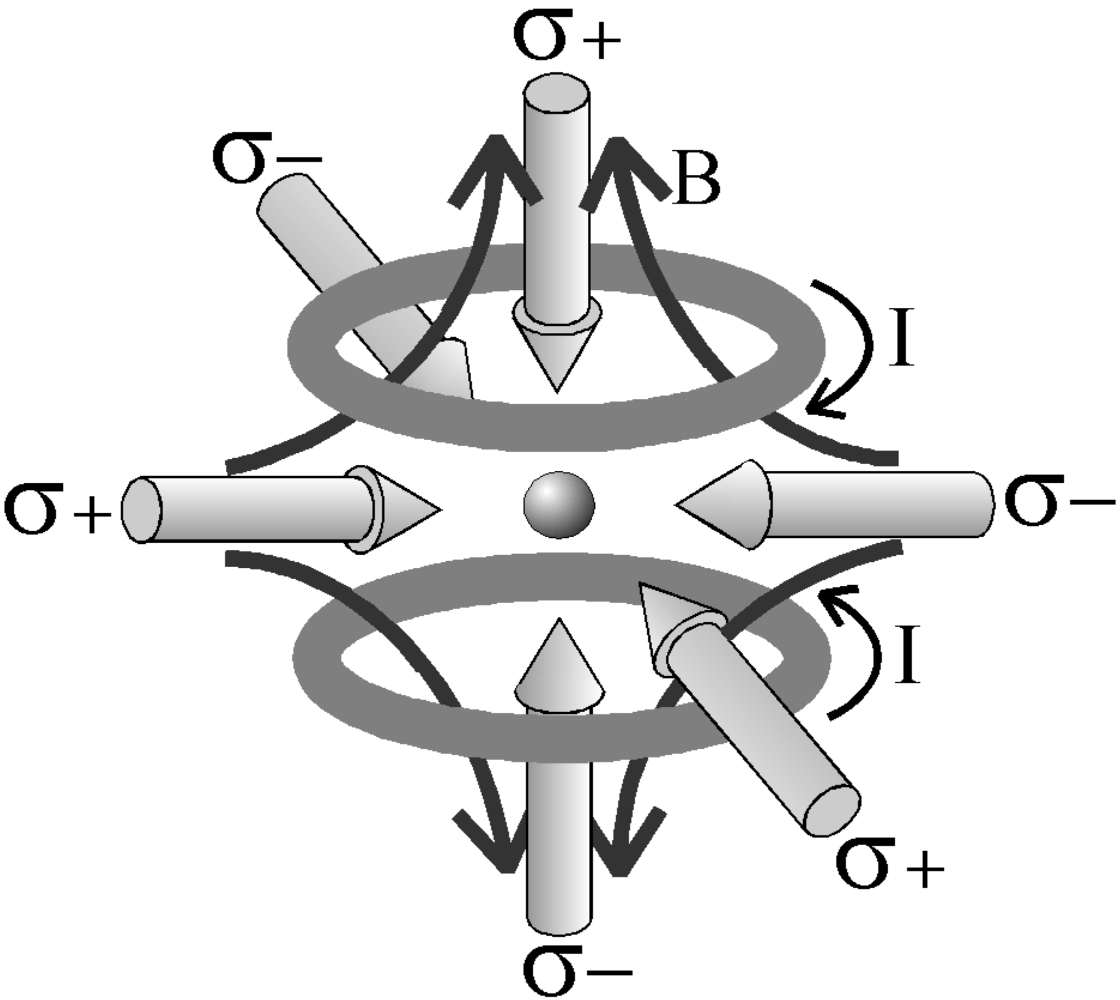
UASLP
Instituto de Física

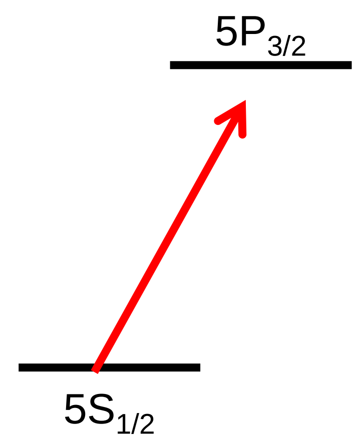
Medición interferométrica



UASLP
Instituto de Física

Enfriamiento láser (MOT)





Fase gravitacional

$|\Psi\rangle$ = [$|b,p\rangle$ + exp($-i\Omega t$)$|e,p+2\hbar k\rangle$] /$\sqrt{2}$

$\hbar\Omega = \hbar\omega_e - \hbar\omega_b = E_e - E_b$

La energía está dada por

$$E_e = E_{0e} + mgz_e$$

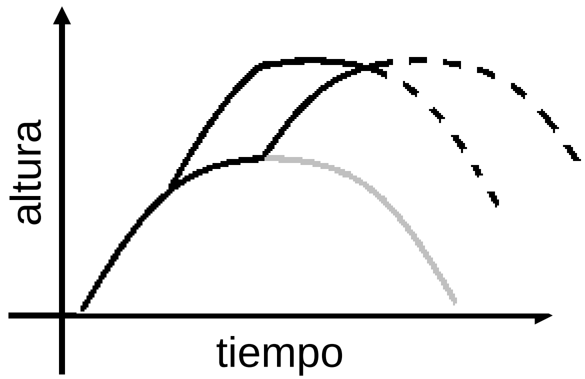
La trayectoria es

$$z_e = z_0 + v_0 t - gt^2/2$$

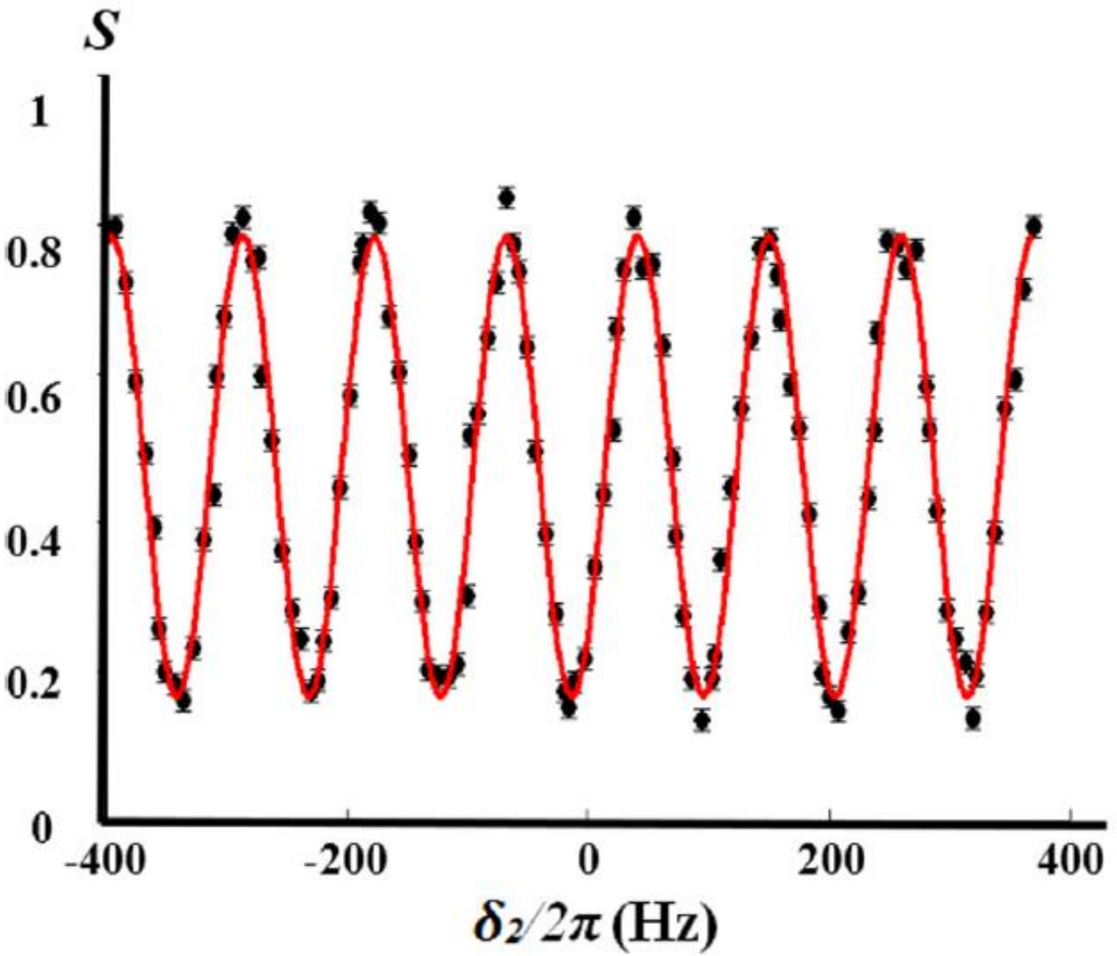
$$z_b = z_0 + (v_0 + 2\hbar k/m)t - gt^2/2$$

La fase acumulada es

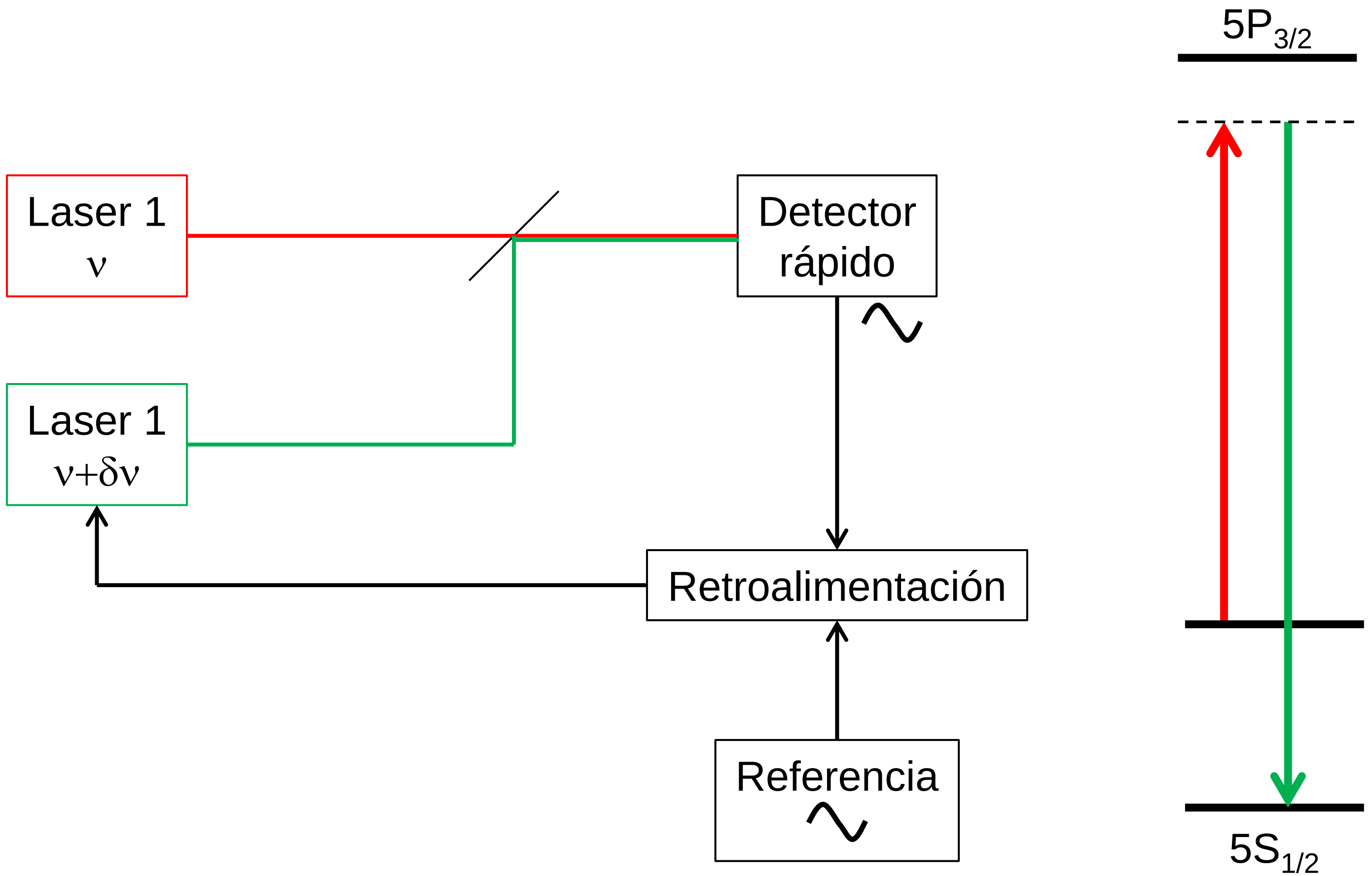
$$\phi = \int_0^{2\tau} \Omega dt = 2gk\tau^2 = (1.6 \times 10^8 s^{-2})\,\tau^2$$



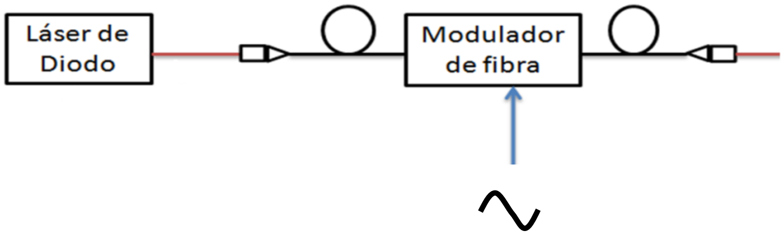
Interferometría atómica

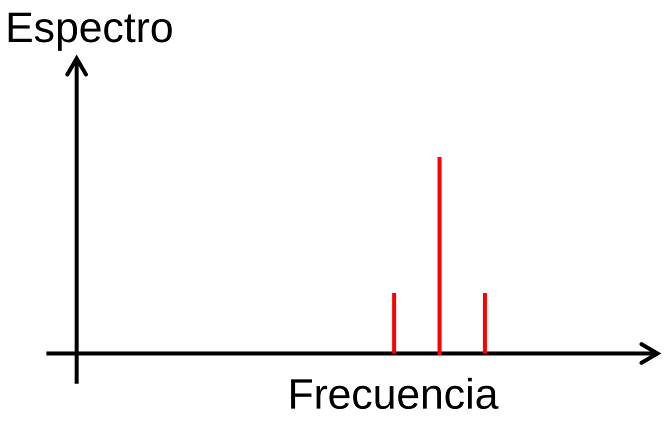


Transiciones Raman

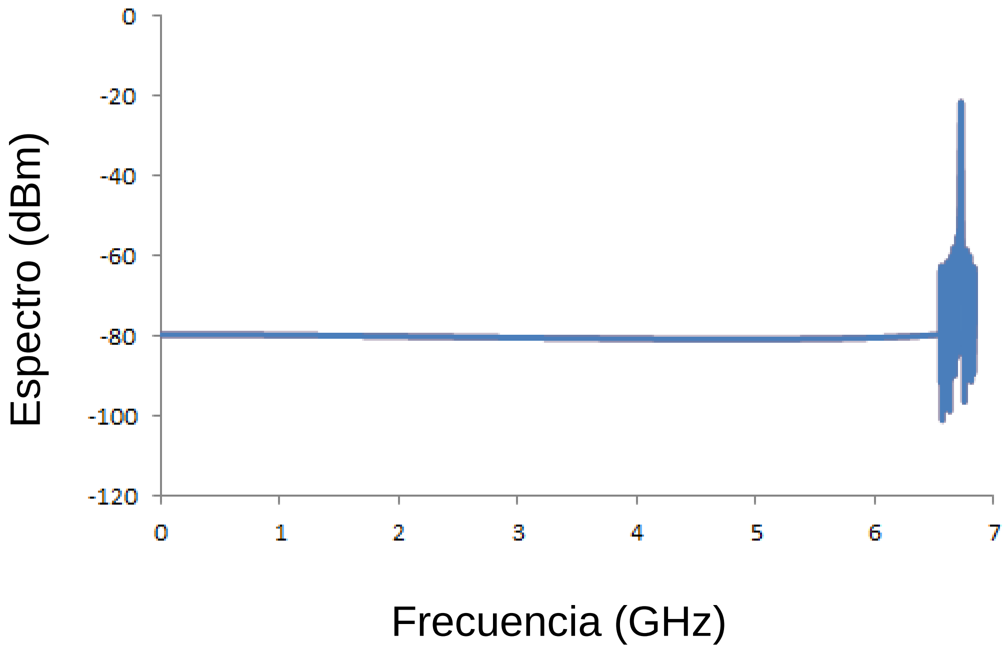


Modulador Electro-óptico de fibra

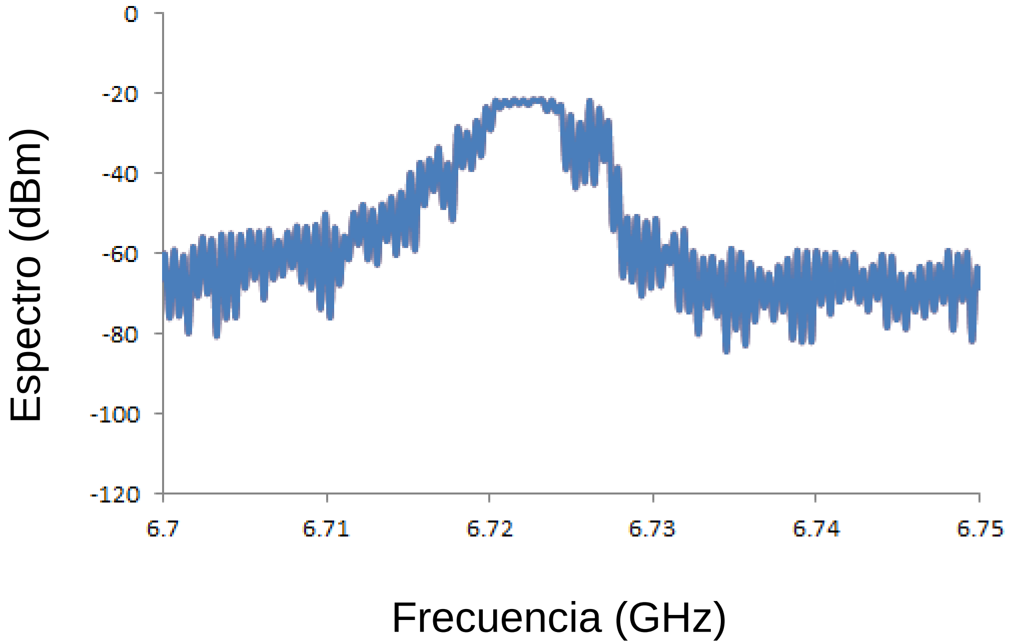




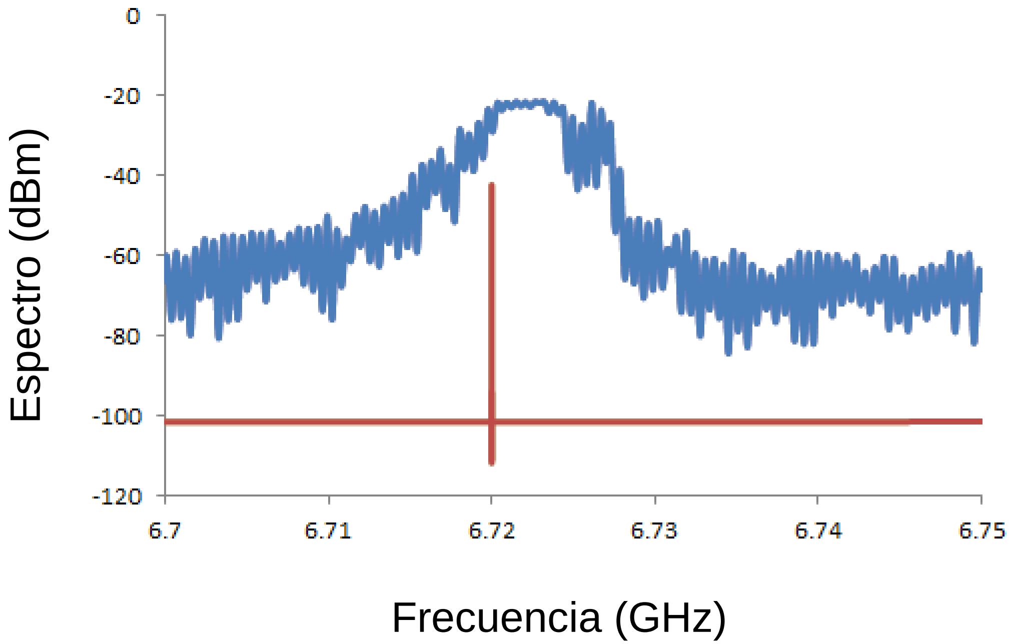
Modulador vs método tradicional



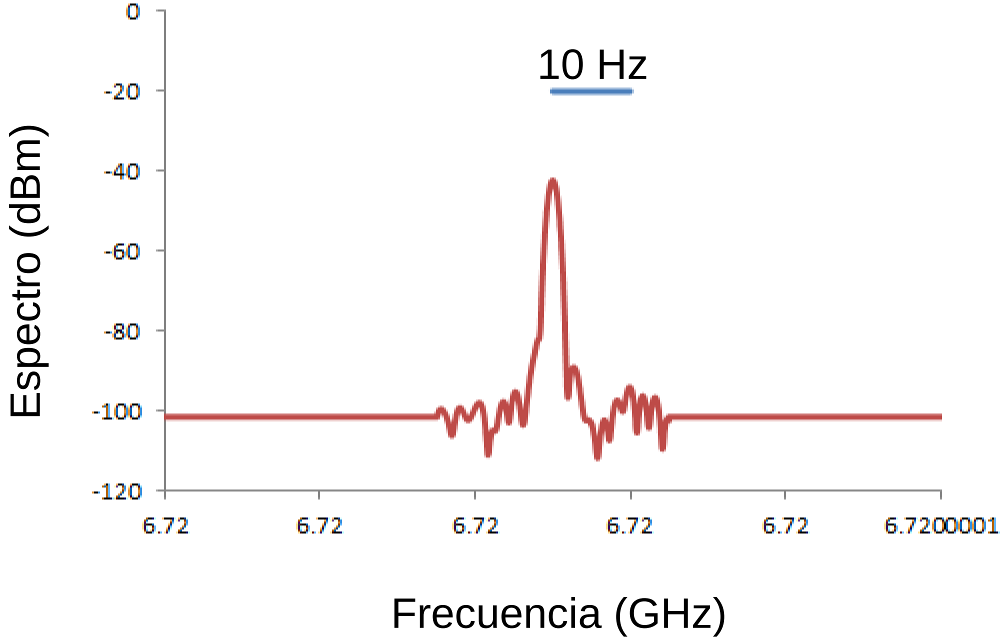
Modulador vs método tradicional



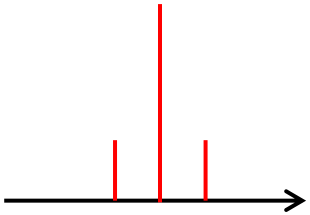
Modulador vs método tradicional



Modulador vs método tradicional



Transición Raman



Transición Raman

$$\Omega_R = \frac{e^2}{2\hbar^2}\sum_n \frac{[(\varepsilon_\mu r_\mu)(E_\nu R_\nu)^*]}{\delta_n}$$

Componente vectorial

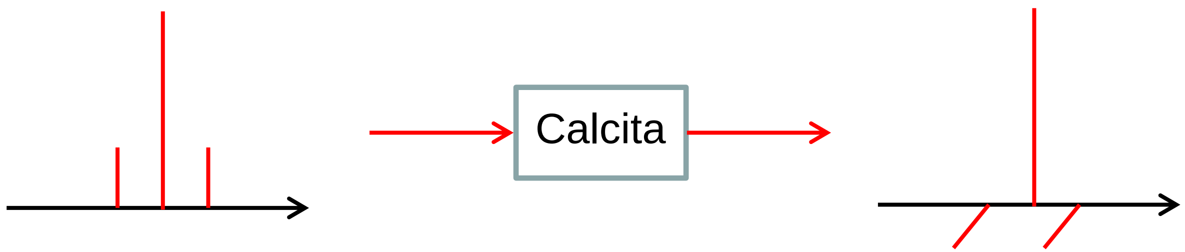
$$\Omega_R = [E_1 \times E_2^*] \cdot M$$

$$M = \frac{e^2}{4\hbar^2\delta}\sum r_\mu \times R_\nu^*$$

UASLP
Instituto de Física

Cristal de calcita

$$\varphi = \frac{2\pi BL}{\lambda}$$



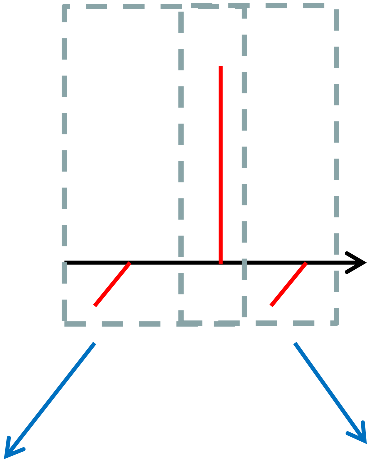
Haz de entrada

$$\bar{E} = E\cos\left(\omega t + kz\right)\hat{x}$$

Haz de salida

$$\bar{E} = E_0\left[\cos\left(\omega t + \varphi\right)\cos\left(\frac{\varphi}{2}\right)\hat{x} + \cos\left(\omega t + \varphi - \pi/2\right)\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)\hat{y}\right]$$

Interferencia constructiva



Par 1

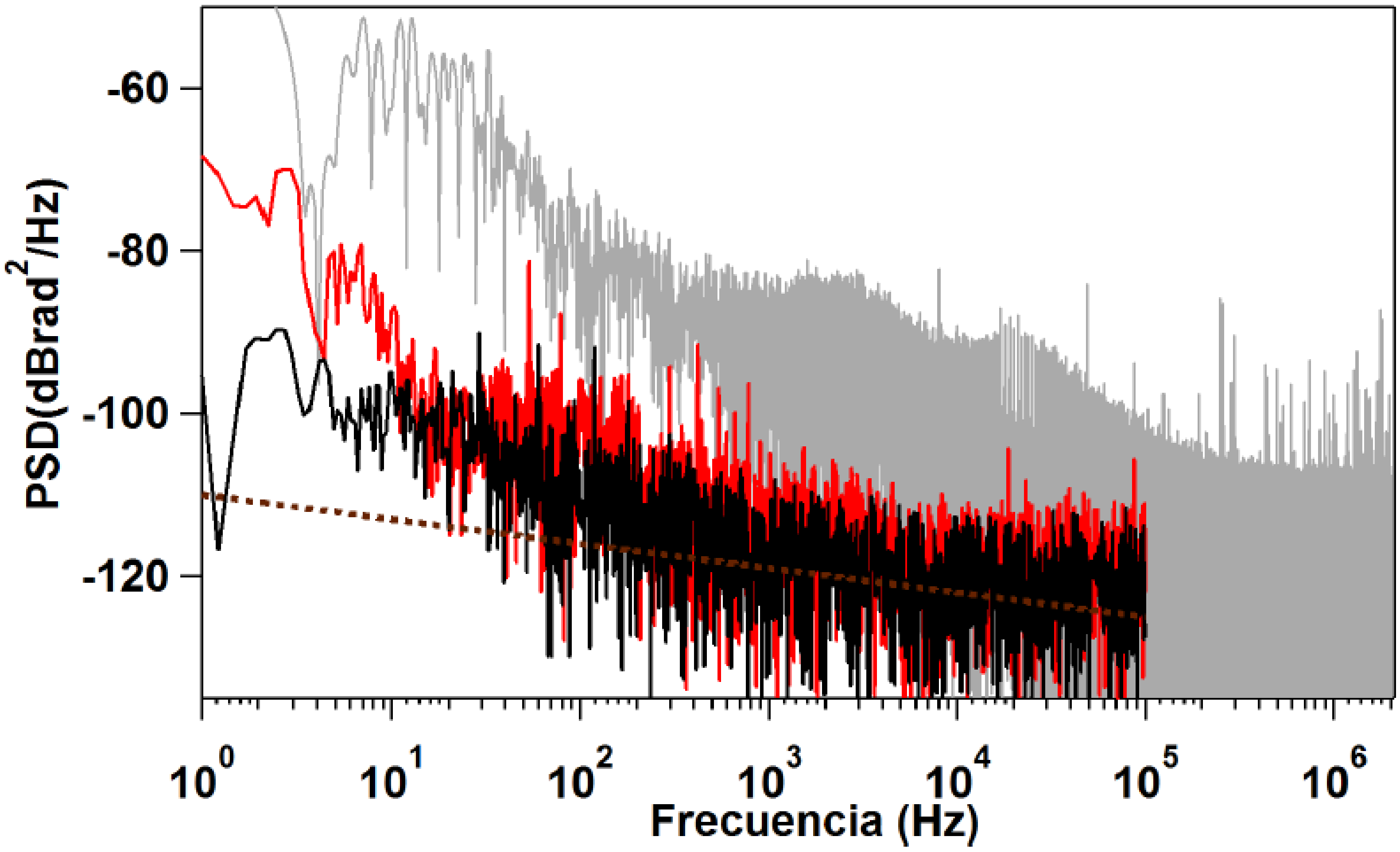
X × Y = Z

Par 2

Y × X = - Z

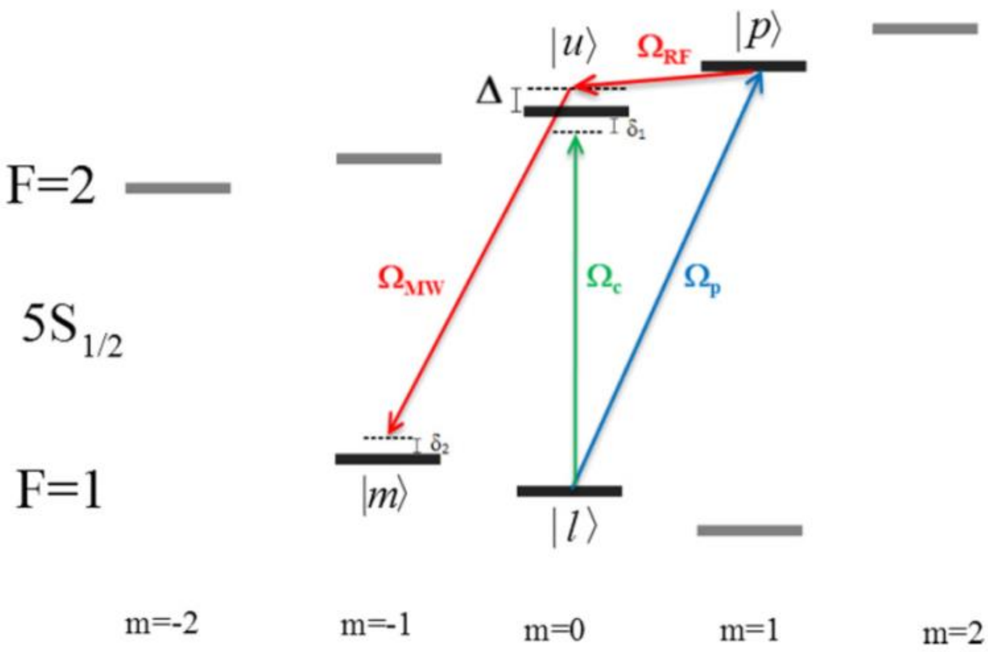
Sistema Raman de bajo ruido de fase

Ruido de fase

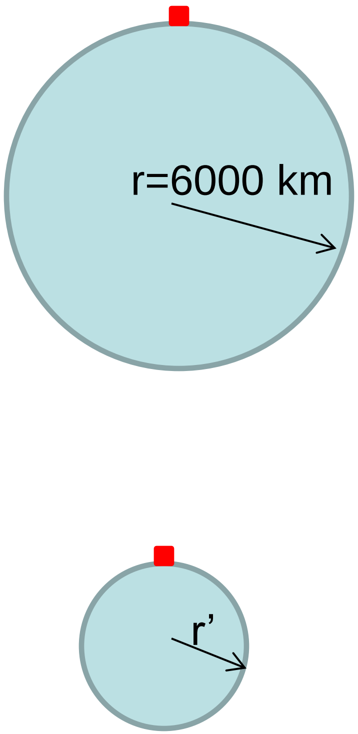


Opt. Express 25, 5290 (2017)

Insensibilidad magnética



Escalamiento de la fuerza gravitacional



$$F = \frac{GMm}{r^2} = \frac{4}{3}\pi\rho G r m = mg$$

$$g = \frac{4}{3}\pi\rho G r$$

Para r’=6 cm da $g' = 10^{-8} g$

Empujando la sensitividad de g

Tomando τ = 1 s, una medición de la fase a 1 mrad, y una separación de 100 $\hbar k$ da una precisión relativa de **1 X 10^{-13}**

Lo mejor actual es **10^{-9}** mucho espacio para mejorar!

Con esto se puede detectar una esfera de **r=1 μm**

O a un humano gravitacionalmente a una distancia de **30 m**

UASLP
Instituto de Física

Empujando la sensitividad de g

$$\phi = 2kgT^2$$

Empujando la sensitividad de g

$$\phi = 2kgT^2$$

Instituto de Física UASLP

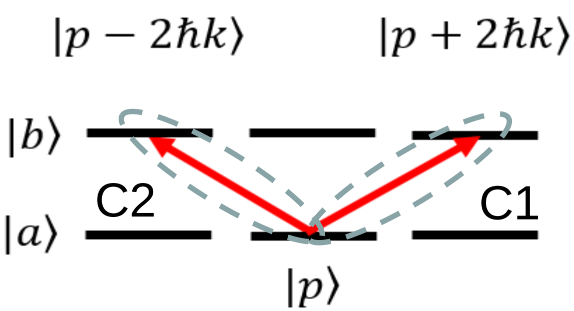
Empujando la sensitividad de g

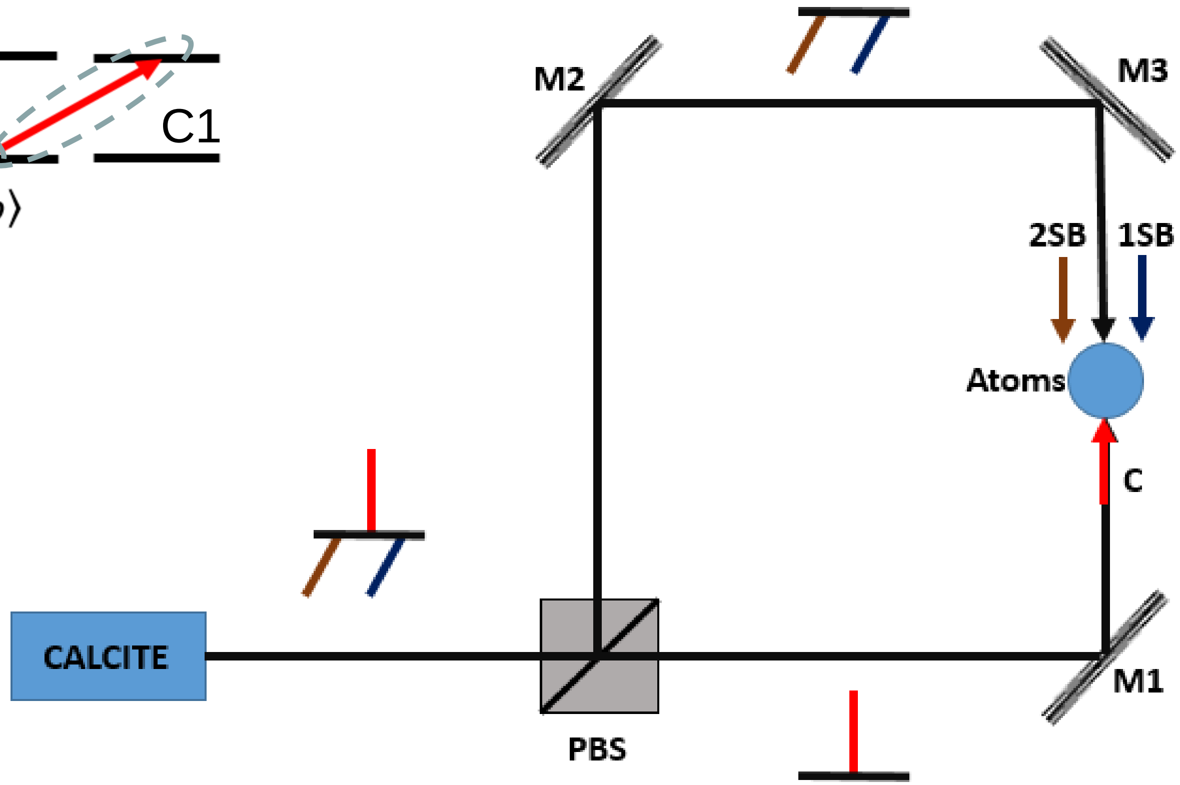
$$\phi = 2kgT^2$$

Empujando la sensitividad de g

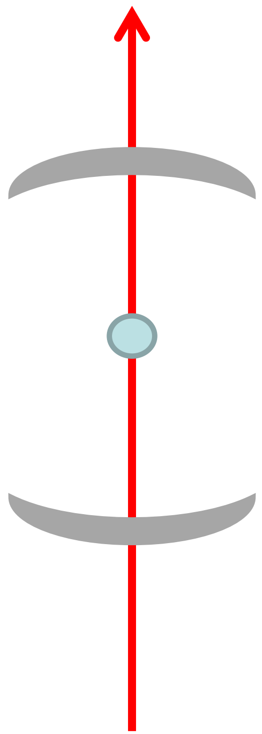
$$\phi = 2kgT^2$$

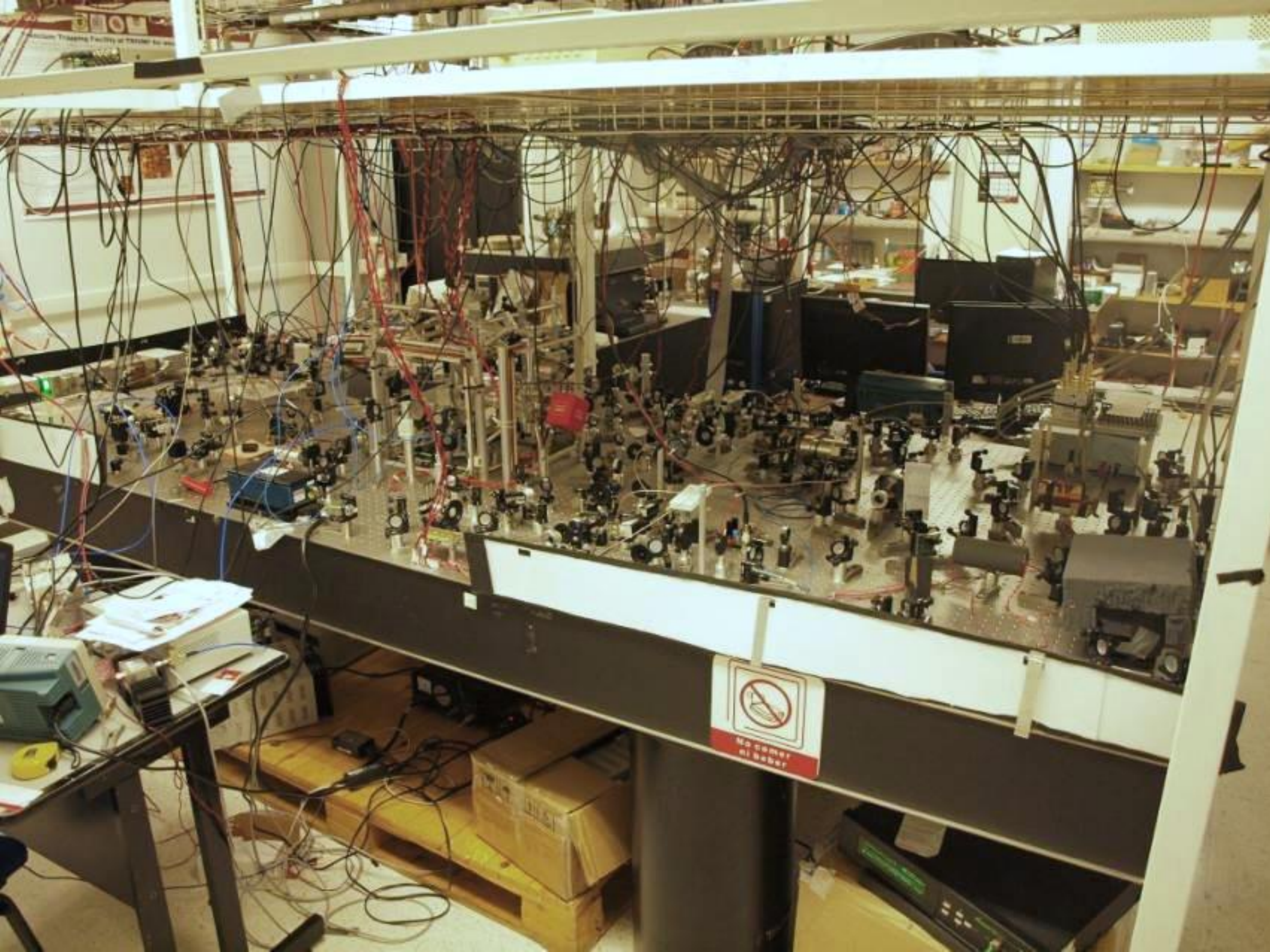
Interferometría en clases de velocidades





Interferometría atómica con cavidades ópticas



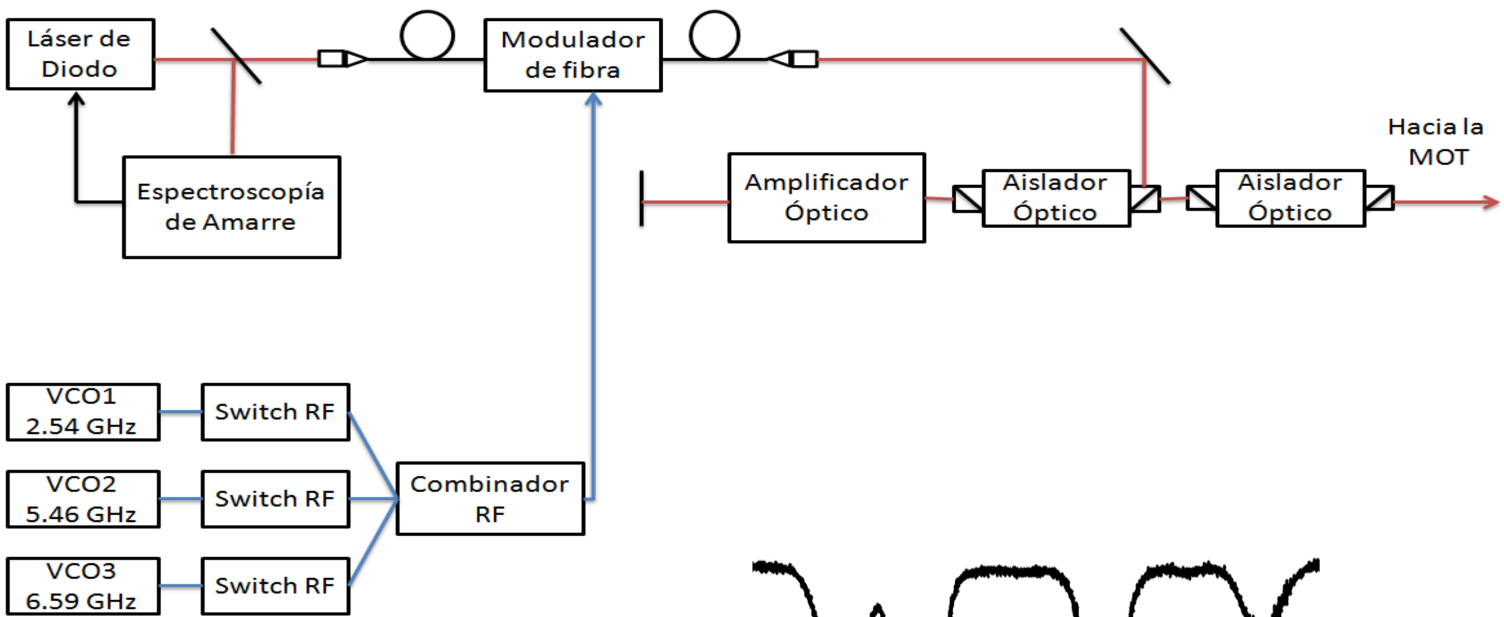

No comer
ni beber

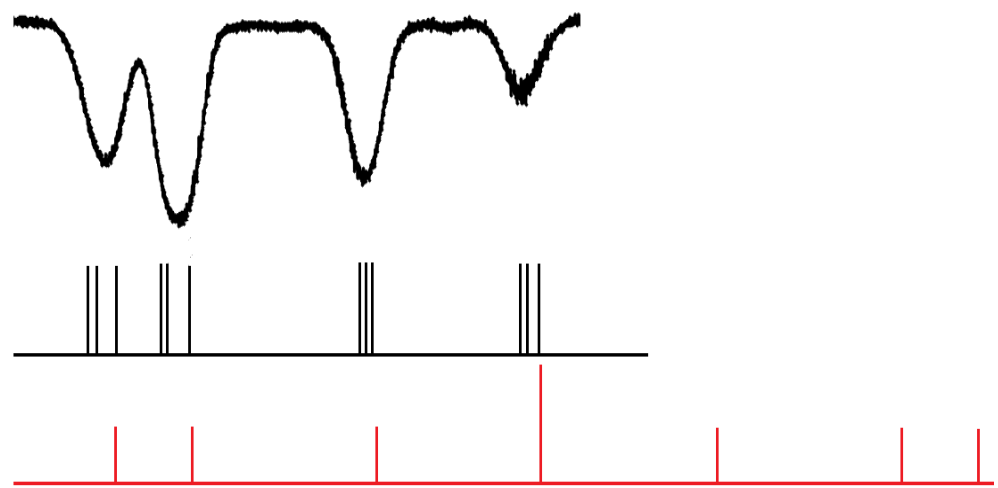
Sistemas portátiles

Gravímetro de Aosense

UASLP
Instituto de Física

Trampa doble





J. Opt. Soc. Am. B 30, 1205 (2013)