

campo operativo altrimenti le misure possono essere affette da errori sistematici superiori a quelli dichiarati nel manuale. Esposizioni a temperature superiori a +60°C possono alterare le caratteristiche spettrali dei filtri interferenziali.

### Principio di Funzionamento

Il radiometro LP UVB 02 si basa su un innovativo fotodiode a stato solido la cui risposta spettrale è stata adattata a quella desiderata attraverso l'utilizzo di opportuni filtri interferenziali. Il particolare il fotodiode ed i filtri utilizzati hanno caratteristiche di eccezionale stabilità sia in temperatura che nel tempo, questo ha reso possibile la costruzione di uno strumento che non necessita di riscaldamento riducendo il consumo elettrico dell'apparecchio. Particolare cura è stata posta nel disegno dei filtri affinché lo strumento fosse completamente cieco alle lunghezze d'onda al di fuori della banda passante di interesse. L'energia solare che cade all'interno della banda spettrale tra 302nm e 308nm è solamente lo 0.01% dell'energia totale che dal sole arriva sulla superficie terrestre. La curva di risposta spettrale relativa è riportata nella figura 1A (in scala lineare) e figura 1B (in scala logaritmica).



## LP UVB 02 SONDA RADIOMETRICA PER IMPIEGHI AMBIENTALI

Il radiometro LP UVB 02 misura l'irradiazione globale nella regione spettrale UVB su una superficie piana (Watt/m<sup>2</sup>). In particolare la sensibilità spettrale dello strumento è centrata a 305nm con una larghezza di banda (FWHM) di 5nm. L'irradiazione globale è la somma dell'irradiazione diretta prodotta dal sole e dell'irradiazione diffusa dal cielo su una superficie parallela al suolo. Nella regione spettrale UVB, diversamente da quanto avviene nella porzione di luce visibile dove la componente diretta è prevalente sulla componente diffusa, la luce è fortemente diffusa dall'atmosfera e quindi le due componenti si equivalgono, è pertanto di primaria importanza che lo strumento sia in grado di misurare con precisione entrambe le componenti.

La sonda LP UVB 02 è tipicamente utilizzata nei seguenti settori:

- Monitoraggio dello strato di ozono, infatti la radiazione intorno a 295nm – 315nm è fortemente assorbita dall'ozono che si trova nella stratosfera, quindi ogni piccola variazione nello strato di ozono equivale in un aumento o diminuzione di radiazione UV che arriva al suolo.
- Effetti della radiazione UVB (che è quella più dannosa per la salute umana) sugli esseri viventi
- Misura della radiazione UVB negli ambienti di lavoro

Il radiometro LP UVB 02 ha bisogno di essere alimentato per poter funzionare. L'alimentazione è necessaria per amplificare il debole segnale generato dal fotodiode. Infatti al suo interno il radiometro monta un amplificatore corrente-tensione (amplificatore a transimpedenza). Questa scelta è obbligata quando si vuole misurare l'irradiazione UVB prodotta dal sole, infatti la necessità di utilizzare sofisticati filtri (che attenuano in parte anche il segnale di interesse) e il relativamente debole irradiazione prodotta dal sole in questa porzione di spettro fanno sì che la corrente generata dal fotodiode sia, nel migliore dei casi, dell'ordine delle centinaia di pAmpere. In questi casi non sarebbe possibile utilizzare cavi lunghi metri o decine di metri perché il rumore sarebbe maggiore del segnale stesso è pertanto necessario amplificare il segnale.

LP UVB 02 è uno strumento robusto ed è costruito per operare per lunghi periodi senza nessuna manutenzione (purché alimentato correttamente). Questa caratteristica ne fa uno strumento adatto ad essere posizionato in stazioni meteorologiche.

All'interno dell' LP UVB 02 è inserito un termometro a resistenza di platino (Pt100) per poterne controllare la temperatura. La temperatura interna dello strumento deve mantenersi nel suo

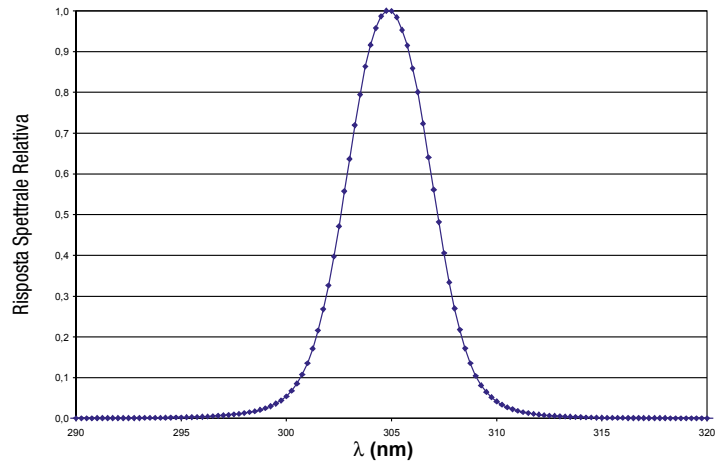


Fig. 1A

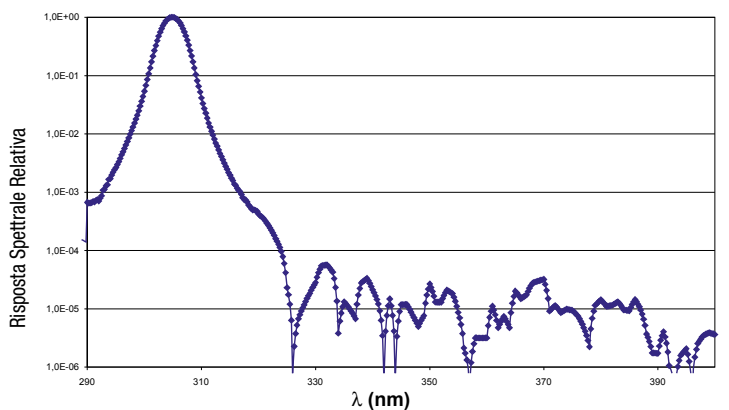


Fig. 1B

L'LP UVB 02 è provvisto di una cupola in quarzo con diametro esterno di 50 mm al fine di garantire una adeguata protezione del sensore agli agenti atmosferici. Il quarzo è stato scelto per la sua ottima trasmissione nel campo UV. La risposta secondo la legge del coseno è ottenuta grazie alla particolare forma del diffusore e del contenitore. Lo scostamento tra risposta teorica e quella misurata è riportato nella figura 2.

L'ottimo accordo tra la risposta dell' LP UVB 02 e la legge del coseno permette di utilizzare lo strumento anche quando il sole ha un'elevazione molto bassa (la componente diffusa dell'UVB aumenta man mano che il sole si allontana dallo zenith, pertanto l'errore sulla componente diretta dovuto alla non perfetta risposta secondo la legge del coseno diventa trascurabile sulla misura della radiazione globale).

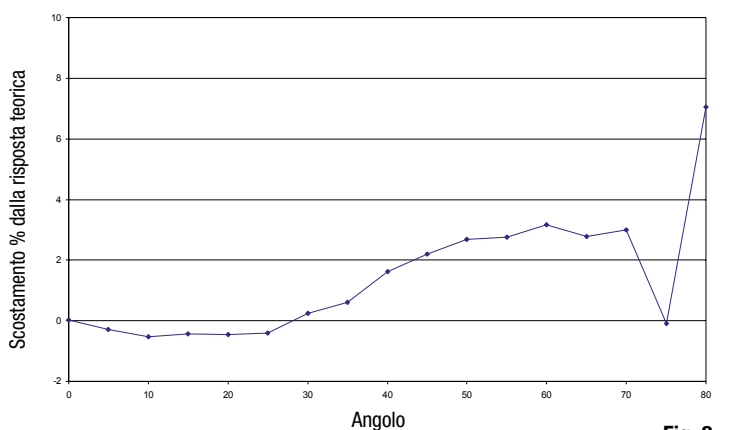


Fig. 2

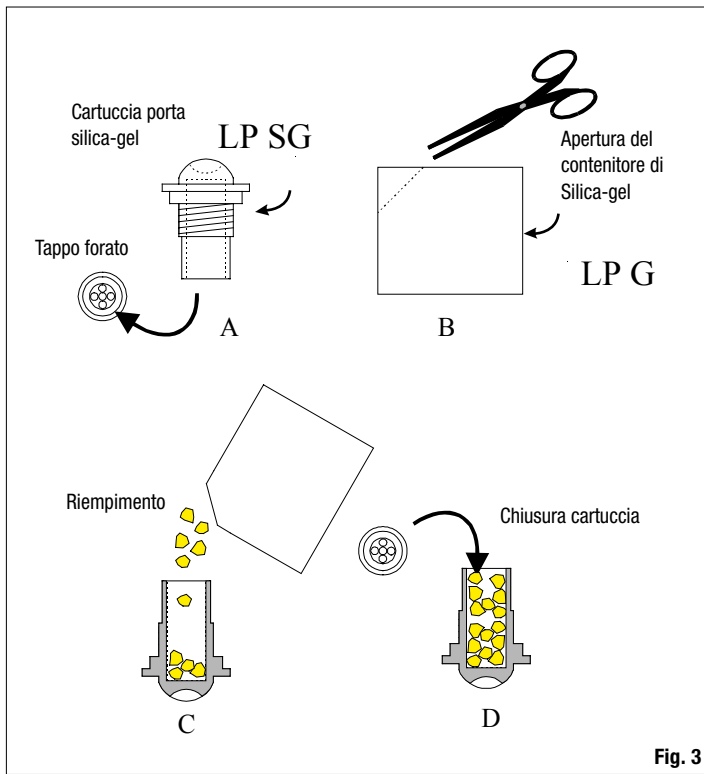


Fig. 3

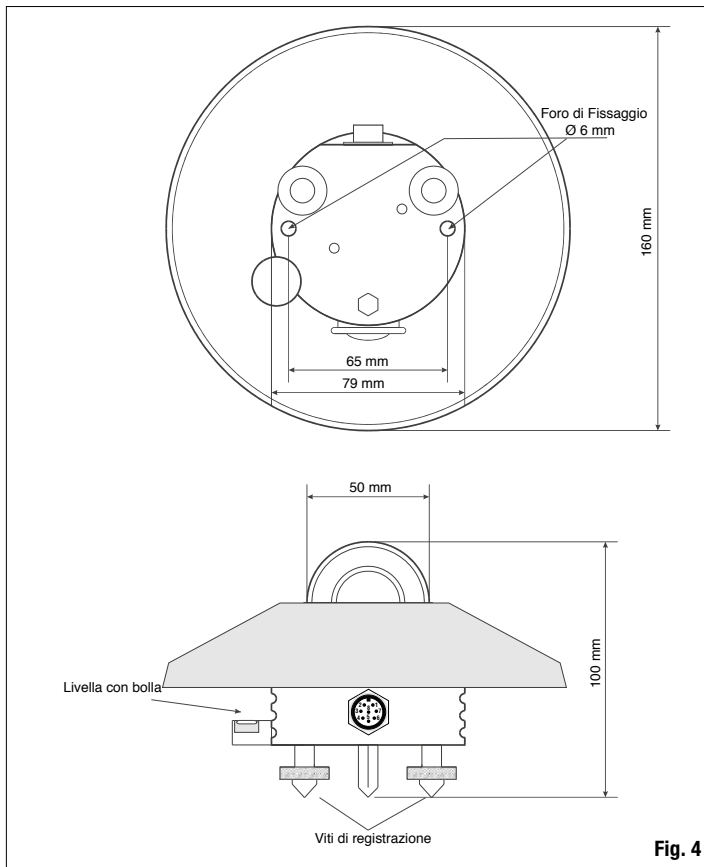


Fig. 4

#### Installazione e montaggio del radiometro per la misura della radiazione globale:

Prima dell'installazione del radiometro si deve caricare la cartuccia che contiene i cristalli di silica-gel. Il silica gel ha la funzione di assorbire l'umidità nella camera della cupola, umidità che in particolari condizioni climatiche può portare alla formazione di condensa sulla parete interna della cupola alterando la misura. Durante il caricamento dei cristalli di silica-gel si deve evitare di bagnarlo o toccarlo con le mani. Le operazioni da eseguire in un luogo secco (per quanto possibile) sono:

- 1- svitare le tre viti che fissano lo schermo bianco
- 2- svitare la cartuccia porta silica-gel con una moneta
- 3- rimuovere il tappo forato della cartuccia
- 4- aprire la busta (in dotazione al radiometro) che contiene il silica-gel
- 5- riempire la cartuccia con i cristalli di silica-gel
- 6- richiudere la cartuccia con il proprio tappo, assicurandosi che l'O-ring di tenuta sia posizionato correttamente e sia integro

- 7- avvitare la cartuccia al corpo del radiometro con una moneta
- 8- **assicurarsi che la cartuccia sia ben avvitata** (in caso contrario la durata dei cristalli di silica-gel si riduce)
- 9- posizionare lo schermo e avvitare con le viti
- 10- il radiometro è pronto per essere utilizzato

Nella figura 3 sono brevemente illustrate le operazioni necessarie al caricamento della cartuccia con i cristalli di silica-gel.

- LP UVB 02 va installato in una postazione facilmente raggiungibile per una periodica pulizia della cupola esterna e per la manutenzione. Allo stesso tempo si dovrebbe evitare che costruzioni, alberi od ostacoli di qualsiasi tipo superino il piano orizzontale su cui giace il radiometro. Nel caso questo non sia possibile è raccomandabile scegliere una posizione in cui gli ostacoli presenti sul percorso del sole dall'alba al tramonto siano inferiori a 5°.

- Il radiometro va posto lontano da ogni tipo di ostacolo che possa proiettare il riflesso del sole (o la sua ombra) sul radiometro stesso.

- Per un accurato posizionamento orizzontale, il radiometro LP UVB 02 è dotato di livella a bolla, la regolazione avviene mediante le due viti con ghiera di registrazione che permettono di variare l'inclinazione del radiometro. Il fissaggio su di un piano può essere eseguito utilizzando i due fori di diametro 6mm ed interasse di 65 mm. Per accedere ai fori rimuovere lo schermo e riposizionarlo a montaggio ultimato, si veda la figura 4.

- Il supporto LP S1 (figura 5), fornito a richiesta come accessorio, permette un facile montaggio del radiometro su un palo di sostegno. Il diametro massimo del palo a cui il supporto può essere fissato è di 50 mm. L'installatore deve aver cura affinché l'altezza del palo di sostegno non superi il piano del radiometro, per non introdurre errori di misura causati dai riflessi ed ombre provocate dal palo. Per fissare il radiometro alla staffa di sostegno togliere lo schermo, svitando le tre viti, fissare il radiometro, completata l'installazione fissare nuovamente lo schermo.

- E' preferibile isolare termicamente il radiometro dal suo supporto, al tempo stesso assicurarsi che ci sia un buon contatto elettrico verso massa.

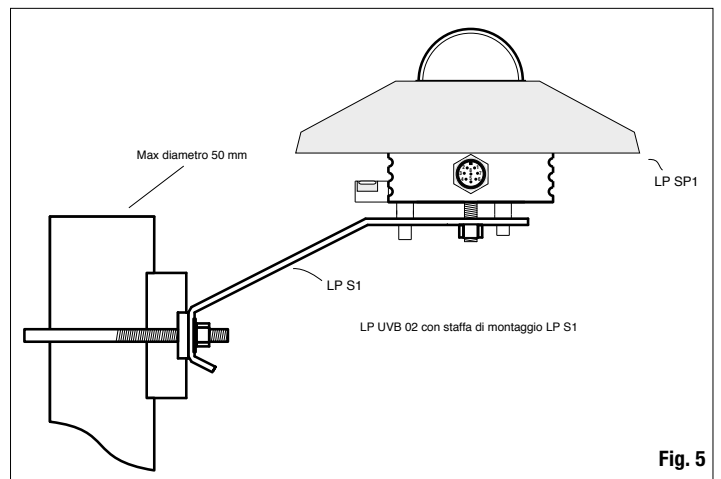


Fig. 5

#### Connessioni Elettriche e requisiti dell'elettronica di lettura:

Di seguito sono indicate le connessioni sul connettore di uscita:

- Pin8: V+, tensione positiva di alimentazione dell'elettronica interna all'LP UVB 02. Vdc < 30Vdc
- Pin6: VoutTemp+, segnale di uscita per la lettura della temperatura. 0V (-40°C) < VoutTemp+ < 1V (+60°C)
- Pin2: VoutUV+, segnale di uscita per la lettura dell'irradiazione nella banda UVB. 0V < VoutUV+ < 4V.
- Pin1: Massa dei due segnali di uscita, VoutTemp+, VoutUV+
- Pin5: Massa dell'alimentazione

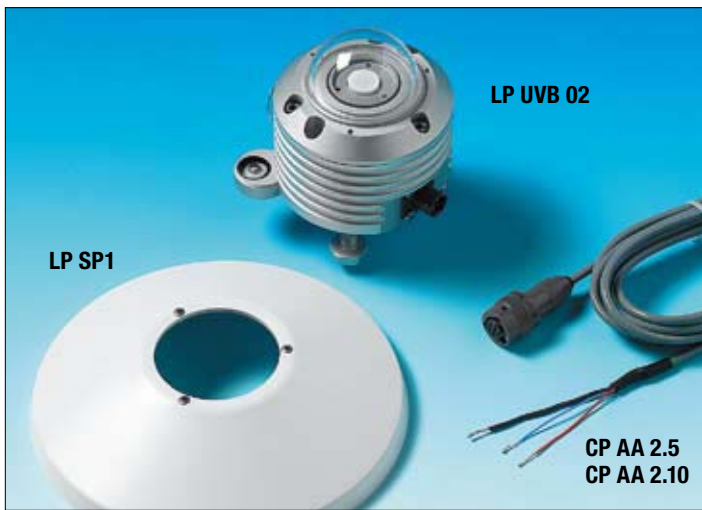
- LP UVB 02 va connesso ad un volmetro od ad un acquisitore di dati con impedenza di ingresso maggiore di 10KΩ. Tipicamente il segnale in uscita dal radiometro, quando esposto al sole non supera 1 volt. La risoluzione consigliata dello strumento di lettura, per poter sfruttare appieno le caratteristiche del radiometro, è di 0.1mV.

N.B.: L'impedenza di carico dello strumento di lettura delle uscite deve essere superiore a 10KΩ. Lo schema dei collegamenti è riportato nella figura 6

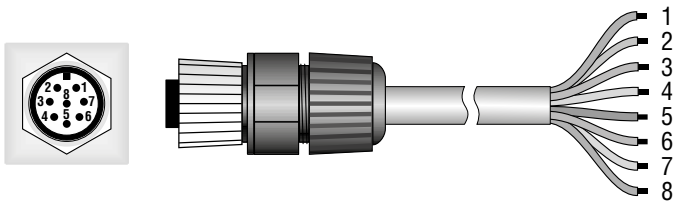
#### Manutenzione:

Al fine di garantire un'elevata precisione delle misure è necessario che la cupola esterna del radiometro sia mantenuta sempre pulita, pertanto maggiore sarà la frequenza di pulizia della cupola migliore sarà la precisione delle misure. La pulizia può essere eseguita con normali cartine per la pulizia di obiettivi fotografici e con acqua, se non fosse sufficiente usare Alcol ETILICO puro. Dopo la pulizia con l'alcol è necessario pulire nuovamente la cupola con solo acqua.

A causa degli elevati sbalzi termici tra il giorno e la notte è possibile che sulla cupola del radi-



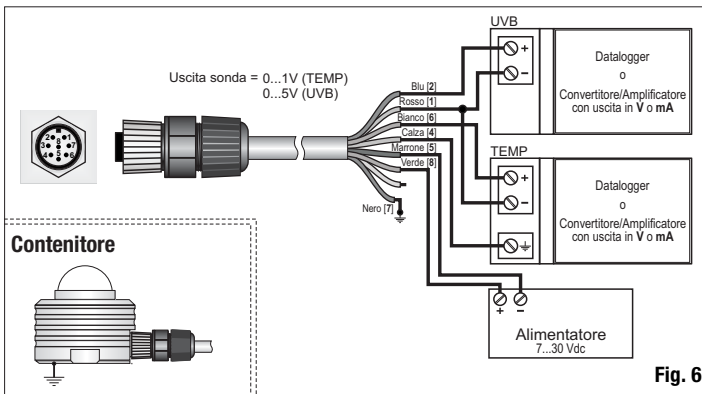
**SCHEMA DI COLLEGAMENTO LP UVB 02**



Spina M12 fissa 8 poli

Presca M12 volante 8 poli

Connettore	Funzione	Colore
1	Signal GND	Rosso
2	Vout UV (+)	Blu
3	Non connesso	
4	Schermo	Calza
5	Power GND (-)	Marrone
6	Vout Temp. (+)	Bianco
7	Contenitore	Nero
8	Power (+), 7-30 VDC	Verde



ometro si formi della condensa, in questo caso la lettura eseguita è fortemente sovrastimata. Per minimizzare la formazione di condensa, all'interno del radiometro è inserita un'apposita cartuccia con materiale assorbente: Silica-gel. L'efficienza dei cristalli di Silica-gel diminuisce nel tempo con l'assorbimento di umidità. Quando i cristalli di silica-gel sono efficienti il colore è **giallo**, mentre man mano che perdono di efficienza il colore diventa **bianco**, per sostituirli vedere le istruzioni alla figura 3. Tipicamente la durata del silica-gel varia da 4 a 6 mesi a seconda delle condizioni ambientali in cui opera il radiometro. La taratura dello strumento è consigliata con frequenza annuale. La taratura può essere eseguita presso i laboratori Metrologici DeltaOhm, oppure affiancando allo strumento uno strumento identico tarato con riferibilità ad un Istituto Metrologico Primario di cui è noto il fattore di taratura.

**Taratura ed esecuzione delle misure:**

La sensibilità del radiometro **S** (o fattore di calibrazione) permette di determinare l'irradiazione misurando un segnale in Volt generato dal circuito di amplificazione interno al radiometro. E' possibile che sul segnale di uscita sia presente un off-set di qualche frazione di millivolt (0.3-0.4mV), in tal caso è consigliato acquisire i dati anche nelle ore notturne e sottrarre l'offset che si misura nella notte alle misure eseguite. Misurata la differenza di potenziale (VoutUV+) ai capi, l'irradiazione  $E_e$  si ottiene dalla seguente formula:

$$E_e = [VoutUV+] / S$$

dove;

$E_e$ : è l'irradiazione espressa in W/m<sup>2</sup>,

VoutUV+: è la differenza di potenziale espressa in V misurata dal multimetro,

S: è il fattore di calibrazione riportato sull'etichetta del radiometro (e sul rapporto di taratura) in V/(W/m<sup>2</sup>).

In presenza di un eventuale offset di OF Volts, i calcoli precedenti vanno modificati come segue:

$$E_e = ([VoutUV+] - OF) / S$$

Analogamente per conoscere la temperatura interna allo strumento una volta nota la tensione "VoutTemp+" in volt si ha:

$$T = 100 \cdot [VoutTemp+] - 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Supponendo di leggere una tensione VoutTemp+ = 0.532 V, dalla formula precedente otteniamo che la temperatura interna al radiometro è:

$$T = (100 \cdot 0.532) - 40 \text{ } ^\circ\text{C} = 13.2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ogni radiometro è tarato singolarmente in fabbrica ed è contraddistinto dal proprio fattore di calibrazione. La taratura è eseguita misurando il segnale prodotto in uscita dal radiometro quando è colpito da un fascio di luce parallelo e omogeneo sulla superficie del diffusore. Per la taratura si utilizza una sorgente monocromatica a 304 nm. La sorgente è tarata periodicamente da un Istituto Metrologico Primario.

**N.B. Al momento attuale non esiste uno standard internazionale per la taratura di radiometri di questo tipo, pertanto il valore del coefficiente di taratura ha senso se viene anche specificato il metodo con cui tale valore è stato ottenuto. Pertanto l'utilizzatore deve tenere conto che lo stesso radiometro tarato con procedure differenti può avere fattori di sensibilità differenti, come riportato nell'articolo "Source of Error in UV Radiation Measurements", T. C. Larason, C. L. Cromer apparso sul "Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology" Vol. 106, Num. 4, 2001. (L'articolo è disponibile gratuitamente sul sito WEB del NIST al seguente indirizzo: <http://www.nist.gov/jers>)**

**Caratteristiche tecniche:**

**MISURE UV**

Sensibilità tipica:	~5V/(W/m <sup>2</sup> )
Tempo di risposta:	<0.5 sec (95%)
Min. impedenza di carico:	10 kΩ
Campo di misura:	0-8 W/m <sup>2</sup>
Campo di vista:	2π sr
Campo spettrale:	305 nm Picco
	302.5 nm ÷ 307.5nm (1/2)
	301nm ÷ 309 nm (1/10)
	297.5 nm ÷ 311.75 nm (1/100)
	292.5 nm ÷ 316.255 nm (1/1000)

Temperatura di lavoro:

Risposta secondo legge del coseno:

Instabilità a lungo termine:

(1 anno)

Non linearità:

Risposta in funzione:

della temperatura

**MISURE DI TEMPERATURA**

Campo di Misura

Accuratezza

Min. impedenza di carico:

-40°C +60°C

±0.2°C

10 kΩ

**ALIMENTAZIONE RICHIESTA**

Vcc+

Consumo tipico

Dimensioni:

Peso:

7÷30 V DC

3 mA

figura 4

0.90 Kg

**CODICE DI ORDINAZIONE**

**LP UVB 02:** Radiometro per misure all'esterno completo di protezione LP SP1, cartuccia per i cristalli di silicagel, 2 ricariche, livella per la messa in piano, presa volante M12 a 8 poli e Rapporto di Taratura. Il cavo va ordinato a parte.

**LP S1:** kit composto da staffa di fissaggio dell' UVB 02 ad un supporto cilindrico, completo di viti di messa in piano e viti di fissaggio.

**LP SP1:** Schermo di protezione in materiale plastico UV resistente. LURAN S777K della BASF

**LP SG:** Cartuccia per contenere i cristalli di silica-gel completa di O-Ring e tappo

**LP G:** Confezione da 5 ricariche di cristalli di silica-gel

**CP 12AA 2.5:** presa volante M12 a 8 poli completa di cavo resistente agli UV, L=5m.

**CP 12AA 2.10:** presa volante M12 a 8 poli completa di cavo resistente agli UV, L=10m.