

Amendment 4

Spectroscopy and imaging for quantum photonics with ultrasensitive detection – Questions and Answers

Q1. Please provide a practical example such as the specification of spectrometer production posted online which use unit 1 cm^{-1} .

A1. The main goal of the Challenge is to drive innovations that will improve the signal-to-noise ratio for spectroscopy measurements via new hardware and processing innovations. The spectral resolution requirements in the Challenge have deliberately been set at a relatively modest level; however, as specified in the additional outcomes, the ability to operate at higher resolutions is beneficial.

Resolution numbers are often quoted in wavelength units, particularly for grating spectrometers. The challenge is written with the goal of encouraging innovations anywhere across a broad spectral range (400nm-1800nm). The target resolution specifications are, therefore, quoted in frequency units (inverse-centimetres, cm^{-1} , also written /cm), which will give different wavelength resolution values, depending on the wavelength interval on which the Bidder's solution operates.

The spectral resolution requirements in the Challenge are readily attainable with a grating spectrometer. For example, a 300mm focal length Czerny-Turner grating spectrometer with 20um slit width, a 1200 lines/mm grating, and a detector pixel size of 20um has a resolution of 1.55 cm^{-1} at 800nm and 0.43 cm^{-1} at 1500nm (Grating/Dispersion Calculator (princetoninstruments.com)).

Q2. Could you clarify why the resolution and range should be represented with wavelength (nanometers), not HZ.

A2. Two wavelengths l_1 and l_2 have frequency separation dv given by:

$$dv = c/l_1 - c/l_2,$$

where c is the speed of light.

One may write $l_2 = l_1 + dl$, where we take dl as the wavelength resolution, assuming it to be a small change in wavelength relative to l_1 . Then to a good approximation the magnitude of the frequency resolution dv is related to the magnitude of the wavelength resolution dl by the equation:

$$dl = (l^2 * dv) / c, \text{ or equivalently,}$$

$$dv = (c * dl) / l^2$$

where c is the speed of light and λ is the wavelength. Thus, for example, a resolution of $\Delta\nu=600\text{GHz}$ gives:

$\Delta\lambda=1.28\text{nm}$ at $\lambda=800\text{nm}$, and,

$\Delta\lambda=4.5\text{nm}$ at $\lambda=1500\text{nm}$.

The calculator on this page can be used to convert easily:

Bandwidth, explained by RP; optical spectrum, telecom fiber (rp-photonics.com).

For the spectral range, a more exact calculation is necessary. If λ_{max} is the maximum wavelength and λ_{min} is the minimum wavelength simultaneously on the detector, then the spectral range $\Delta\nu$ is:

$$\Delta\nu = c/\lambda_{\text{min}} - c/\lambda_{\text{max}},$$

where c is the speed of light.

Modification n° 4

Spectroscopie et imagerie pour la photonique quantique avec détection ultrasensible – Questions et réponses

Q1. Veuillez fournir un exemple pratique tel que la spécification de la production de spectromètres affichée en ligne, qui utilise l'unité 1 cm^{-1} .

R1. L'objectif principal du défi est de stimuler les innovations qui amélioreront le rapport signal/bruit pour les mesures de spectroscopie grâce à de nouvelles innovations en matière de matériel et de traitement. Les exigences du défi en matière de résolution spectrale ont été délibérément fixées à un niveau relativement modeste; toutefois, comme le précisent les résultats supplémentaires, la possibilité de fonctionner à des résolutions plus élevées est bénéfique.

Les données de résolution sont souvent indiquées en unités de longueur d'onde, en particulier pour les spectromètres à réseau. Le défi est formulé de manière à encourager les innovations dans une large gamme spectrale (400 nm à 1 800 nm). Les spécifications de résolution cible sont donc indiquées en unités de fréquence (centimètre réciproque, cm^{-1} , aussi représenté par $/\text{cm}$), ce qui donnera des valeurs de résolution de longueur d'onde différentes, en fonction de l'intervalle de longueur d'onde sur lequel la solution du soumissionnaire fonctionne.

Les exigences de résolution spectrale du défi sont facilement réalisables avec un spectromètre à réseau. Par exemple, un spectromètre à réseau de Czerny-Turner d'une longueur focale de 300 mm avec une largeur de fente de 20 μm , un réseau de 1 200 lignes/mm et une taille de pixel de détecteur de 20 μm a une résolution de $1,55 \text{ cm}^{-1}$ à 800 nm et de $0,43 \text{ cm}^{-1}$ à 1 500 nm (Grating Dispersion Calculator (princetoninstruments.com)).

Q2. Pourriez-vous préciser pourquoi la résolution et la portée devraient être représentées par la longueur d'onde (nanomètres), et non par les HZ?

R2. Deux longueurs d'onde l_1 et l_2 ont une séparation de fréquence $\Delta\nu$ donnée par :

$$\Delta\nu = c/l_1 - c/l_2,$$

où c est la vitesse de la lumière.

On peut écrire $l_2 = l_1 + \Delta l$, où Δl est la résolution de la longueur d'onde, en supposant qu'il s'agit d'un petit changement de longueur d'onde par rapport à l_1 . Dans une bonne approximation, l'amplitude de la résolution en fréquence $\Delta\nu$ est liée à l'amplitude de la résolution en longueur d'onde Δl par l'équation :

$$\Delta l = (l^2 * \Delta\nu) / c, \text{ ou de manière équivalente,}$$

$$\Delta\nu = (c * \Delta l) / l^2,$$

où c est la vitesse de la lumière et λ la longueur d'onde. Ainsi, par exemple, une résolution de $\Delta\nu=600$ GHz donne :

$\Delta\lambda=1,28$ nm à $\lambda=800$ nm, et

$\Delta\lambda=4,5$ nm à $\lambda=1\ 500$ nm.

La calculatrice de cette page permet d'effectuer facilement des conversions pour :
la largeur de bande, expliquée par RP; le spectre optique, la fibre de télécommunication (rp-photonics.com).

Pour la gamme spectrale, un calcul plus précis est nécessaire. Si λ_{\max} est la longueur d'onde maximale et λ_{\min} la longueur d'onde minimale affichées simultanément sur le détecteur, alors la gamme spectrale $\Delta\nu$ est :

$$\Delta\nu = c/\lambda_{\min} - c/\lambda_{\max},$$

où c est la vitesse de la lumière.