

Spektrien tutkimus

Spektroskopia on fysiikan tutkimusala, joka tutkii ainetta sen säteilyn intensiteettijakauman eli sen spektrin avulla. Spektrometria sai alkunsa Isaac Newtonin 1660-luvulla prismoilla suorittamista kokeista, joissa hän hajotti prismalla valkoisen valon sateenkaaren väreihin ja osoitti, että väreiksi hajotettu valo voidaan prisman avulla koota jälleen valkoiseksi valoksi.

Joseph von Fraunhofer (1787 – 1826) tutki spektrejä hajottamalla valkoista valoa hiloilla. Hän havaitsi Auringon spektrissä tummia viivoja, niin kutsuttuja Fraunhoferin viivoja, joita hän ei kyennyt selittämään. Robert Wilhelm Bunsen ja Gustav Robert Kirchhoff tutkivat liekkikokeissaan eri alkuaineiden synnyttämiä spektrejä ja totesivat niiden muodostuvan kirkkaista, terävistä viivoista. Lisäksi he havaitsivat kokeissaan, että valkoisen valon kulkiessa tällaisen liekin läpi spektrissä näkyy tummia viivoja vastaavilla aallonpituuksilla. Kyseessä oli ilmeisesti sama ilmiö, jonka Fraunhofer oli havainnut Auringon spektrissä.

Ilmiöille saatiin selitys 1900-luvun alussa, kun Niels Bohr esitteli Max Planckin kvanttihypoteesiin pohjautuvan uuden atomimallin.

Valkoisen valon hajoaminen väreihin

Tutki valkoisen valon hajoamista väreihin prisman ja hilan avulla.

- Miten tilanteet eroavat toisistaan?
- Mihin ilmiöt perustuvat?
- Mitä kvantitatiivisia lakeja ilmiöihin liittyy?

Valkoinen valo koostuu väreistä. Valon osuessa aineiden rajapintaan tapahtuu aina heijastumista ja joskus taittumista. Osuessaan prismaan valkoisen valon sisältämä sininen valo taittuu eniten, punainen valo vähiten. Osuessaan hilaan valon kulkua voidaan mallintaa Huygensin periaatteen mukaisesti: jokainen aaltorintaman piste on uuden alkeisaallon lähde. Valo diffraktoituu hilassa. Diffraktoituneet aallot interferoivat keskenään ja synnyttävät vahvistavan interferenssin tapauksessa kuvion varjostimelle.

Taittuminen ja diffraktio ovat tuttuja aaltoliikkeen ilmiöitä, joista kummassakin valonsäteen kulkusuunnan muutoksen suuruus riippuu aaltoliikkeen aallonpituudesta, nopeudesta ja taajuudesta. Koska eri värisillä valoilla on sama nopeus, eikä taittumisessa eikä diffraktiossa valon taajuus muutu, riippuu eri värisien valojen suunnan muutos niiden aallonpituudesta. Valon väri vastaa siis valon aallonpituutta.

Käsispektroskooppi

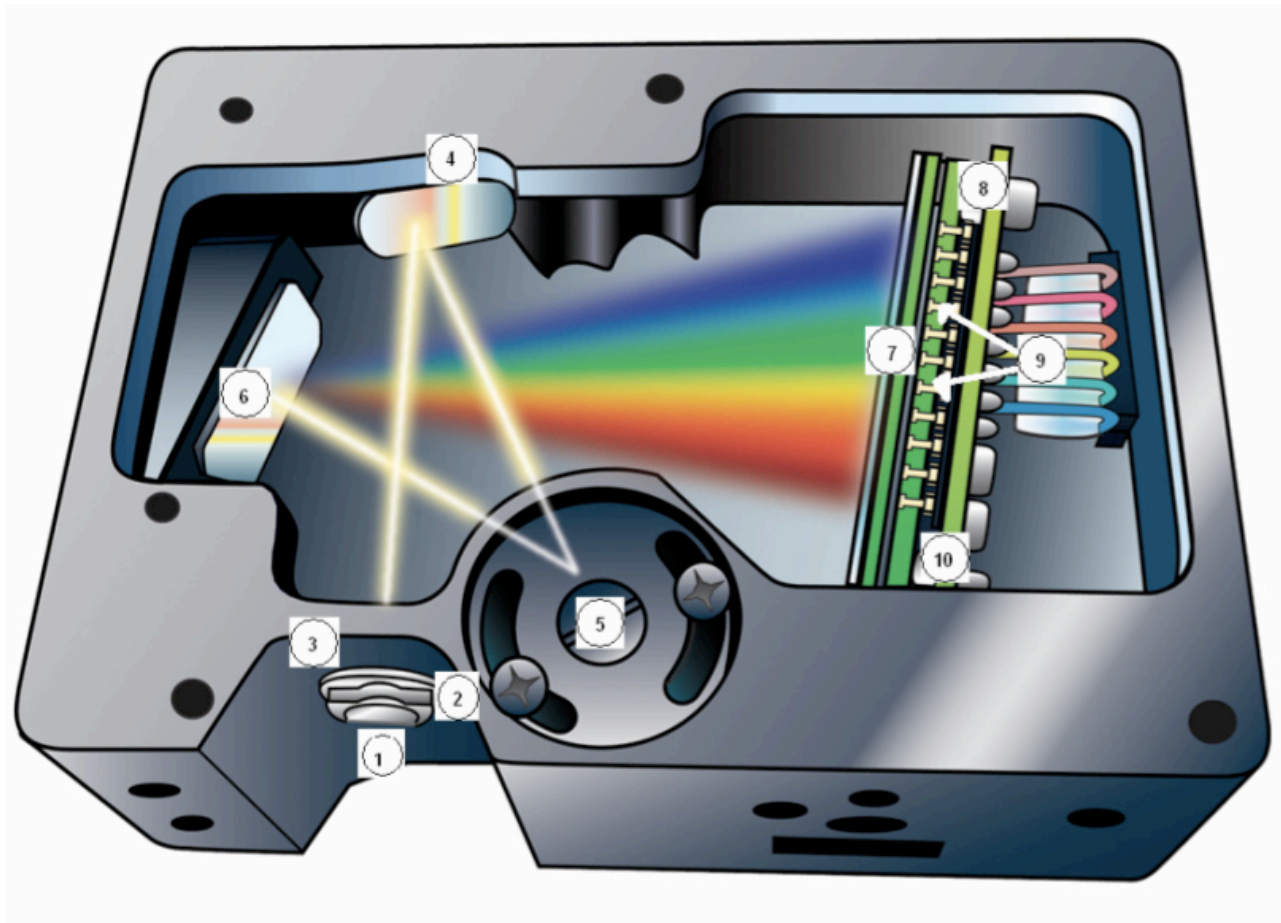
Käsispektroskooppi hajottaa valon väreiksi hilan avulla. Katso eri valonlähteitä käsispektroskoopeilla.

- Minkälaisia spektrejä havaitset?

Käsispektroskooppi hajottaa tutkittavan kohteen valon sen sisältämiin väreihin, kohteen spektriksi. Jotkin kohteet lähettävät vain muutamaa väriä, kun taas joidenkin kohteiden lähettämä valo näyttää koostuvan lukemattomasta määrästä eri värejä. Jotkut kohteet lähettävät vain tietyn aallonpituuksista säteilyä, toiset kaikkia aallonpituuksia sisältävää valoa.

Vernier ESRT-VIS -spektrometri

Spektrometri hajottaa valon väreiksi hilan avulla (kuvassa numero 5). Värihin hajotettu valo kohdistetaan havaitsimelle (numero 8), joka mittaa eri värien intensiteettiä. Spektrometri muuntaa mitaamansa datan digitaaliseen muotoon, jota voidaan analysoida Logger Pro-mittausohjelmalla.



Kuva 1: Red Tide spektrometri komponentteineen (Ocean Optics.).

- Tutki käsispektroskoopilla tarkastelemiasi valonlähteitä spektrometrillä
- Miten spektrit eroavat toisistaan?

Käsispektroskoopilla havaittiin valonlähteiden lähettävän joko yksittäisiä värejä tai monia värejä tasaisena jatkumona. Spektroskoopilla voimme tutkia tarkasti valonlähteiden lähettämän valon sisältämiä valon aallonpituuksia ja näiden suhteellisia intensiteettejä. Jotkut kohteet lähettävät vain tietyn aallonpituuksista säteilyä, toiset kaikkia aallonpituuksia sisältävää valoa. Viivamaisten spektrien tapauksissa havaitaan, että toiset piikit ovat korkeampia kuin toiset.

Viivaspektrien ja jatkuvien spektrien synty

Valonlähteiden spektrit voidaan havaintojen perusteella jakaa kahteen luokkaan: viivaspektreihin ja jatkuviin spektreihin.

- Minkälaisista lähteistä havaitset jatkuvia spektrejä?
 - Havaitsetko jatkuvissa spektreissä eroja?
- Minkälaisista lähteistä havaitset viivaspektrejä?
 - Tutki kaasupurkausputkien avulla ensiksi vedyn ja hapen spektrejä. Tämän jälkeen veden spektriä. Mitä huomaat?
 - Tutki energiansäästölampan spektriä. Mitä voit päätellä lampusta?

Jatkuva spektri syntyy kun aineen rakenneosaset värähtelevät lukuisilla eri vapausasteilla. Vapausasteiden määrä riippuu aineen lämpötilasta. Mitä korkeampi lämpötila, sitä korkeamman energian vaativia vapausasteita aktivoituu. Tämän takia kuumen kohteen lähettämän valon jatkuvan spektrin huippu sijaitsee enemmän sinisen valon aluella, kuin kylmän kohteen spektrin huippu. Mitä suurempi taajuus fotoneille halutaan, sitä enemmän energiaa tarvitaan yhtälön $E=hf$ mukaan.

Viivaspektrit syntyvät elektronin siirtyessä elektronikuorelta toiselle. Tällöin syntyy fotoni, jonka energiamäärä vastaa elektronikuorien välistä energiaeroa. Fotonin taajuus määräytyy yhtälön $E=hf$ mukaan. Kunkin alkuaineen elektronikuorien väliset energiaerot ovat niille ominaiset. Kohteiden spektrejä tutkimalla voidaan selvittää mitä alkuaineita kohde sisältää.