Kuva 1 Mittausasettelu

Työssä tunnistetaan näytteissä olevia alkuaineita niiden spektrien perusteella.

Koe 1

Alkuaineiden spektrien mittaaminen kaasupolttimen liekistä.

Koe 2

Alkuaineiden tunnistaminen näytteistä liekin värin ja emissiospektrin perusteella.

Välineet		Koe 1	Koe 2
44001B	Spektrometri, digitaalinen	1	1
50035	Suolalajitelma liekkikokeisiin	1	
51021B	Kaasupoltin, Labogas, Plus	1	1
51022B	Nestekaasurasia 240 g, Labogaziin	1	1
57018	Koeputkiteline, 16 mm koeputkille	1	1
54008	Koeputki 16x160mm, kuum. kestävä	10	4
14010	Krominikkelivastuslanka Ø 0,4 mm	1	1
	Suolanäyte 1		1
	Suolanäyte 2		1
Lisäksi tarvitaan			
	Tulitikut	1	1
	Sivuleikkurit	1	1
	Mittaustietokone	1	1

Atomien elektronit ovat sijoittuneet kullekin alkuaineelle tyypillisille energiatasoille. Miehitettyjen tasojen yläpuolella on viritystiloja, joille uloimmat elektronit voivat siirtyä. Siirtyminen eli atomin virittyminen sitoo energiaa, jota tuodaan esimerkiksi ainetta lämmittämällä. Viritystilat ovat hyvin lyhytikäisiä, joten ne purkautuvat välittömästi. Purkautuminen voi tapahtua suoraan takaisin perustilalle tai alempien viritystilojen kautta. Virityksessä sitoutunut energia vapautuu vastaavasti yhdellä kertaa tai useampana pienenä annoksena sähkömagneettisena säteilynä (valona, infrapunasäteilynä). Havaittavassa fluoresenssispektrissä on aineelle tyypillisiä spektriviivoja, joista se voidaan tunnistaa. Liekkikokeissa käytetään hyväksi joidenkin metalli-ionien viritysten purkautuessa vapautuvaa näkyvää valoa, jonka väri on selvästi havaittavissa.

Työssä metalli-ionit vapautetaan suolasta liuottamalla ne veteen, jonka jälkeen ne viritetään kuumentamalla liuosta kaasuliekissä. Silmämääräisten havaintojen lisäksi mitataan ionien ja tuntemattomien aineiden fluoresenssispektrit. Aineet tunnistetaan vertaamalla tunnettujen aineiden spektrejä tuntemattomista aineista mitattuihin spektreihin.

Koe 1

Mittaa tunnettujen metalli-ionien fluoresenssispektrit.

Kokeen tavoitteet

1. Tutustua eriväristen valojen spektreihin.
2. Oppia spektroskopiatutkimuksen periaate.

Välineet		Koe 1	
44001B	Spektrometri, digitaalinen	1	
50035	Suolalajitelma liekkikokeisiin	1	
51021B	Kaasupoltin, Labogas, Plus	1	
51022B	Nestekaasurasia 240 g, Labogaziin	1	
57018	Koeputkiteline, 16 mm koeputkille	1	
54008	Koeputki 16x160mm, kuum. kestävä	10	
14010	Krominikkelivastuslanka Ø 0,4 mm	1	
	Suolanäyte 1		
	Suolanäyte 2		
Lisäksi tarvitaan			
	Tulitikut	1	
	Sivuleikkurit	1	
	Mittaustietokone	1	

Peruskäsitteet

Atomin ytimessä olevien protonien lukumäärä erottaa alkuaineet toisistaan. Ytimen ympärillä on elektroniverho, johon atomissa on sijoittunut alkuaineelle ominaisille energiatasoille protonien lukumäärää vastaava määrä elektroneja. Jos atomi on luovuttanut tai vastaanottanut elektroneja, siitä tulee sähköisesti varautunut ioni. Atomin tai ionin vastaanottaessa energiaa, se voi virittyä jolloin yleensä uloimmat elektronit siirtyvät vapaille korkeammille energiatiloille. Viritystilat ovat hyvin lyhytikäisiä ja elektroni palaa välittömästi takaisin perustilalleen. Tätä kutsutaan viritykseen purkautumiseksi ja se havaitaan emittoituvana fotonina. Elektroni voi palata suoraan perustilalleen tai matalampien energiatilojen kautta hyppien. Jokainen siirtymä vapauttaa energialtaan aineelle tyypillisen fotonin. Aineen säteilemän valon intensiteetin kuvausta fotonien aallonpituuden funktiona kutsutaan spektriksi, fluoresenssispektriksi. Liekkikokeissa hyödynnetään joidenkin metalli-ionien ominaisuutta emittoida niille tyypillistä värillistä valoa.

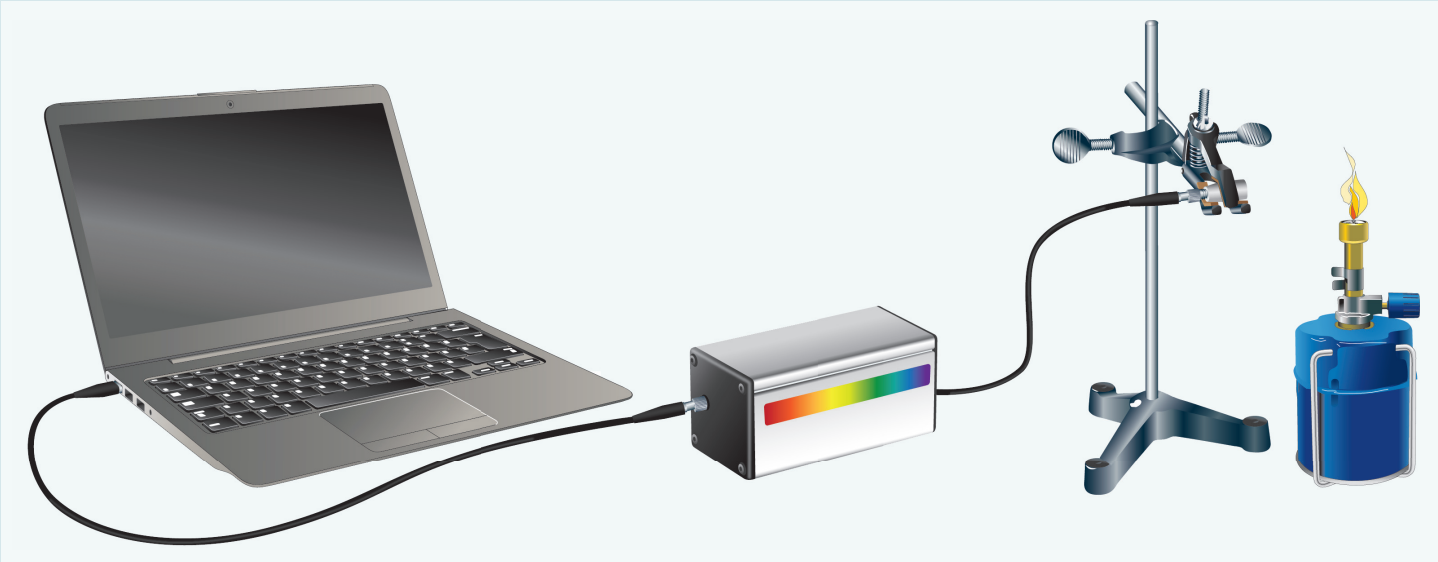
Mittausmenetelmä

Työssä metallisuola liuotetaan veteen koskettamalla märällä metallilangalla suolaa. Liuosta kuumennetaan kaasuliekissä, jolloin vesi höyrystyy ja ionit virittyvät.

Liekin valoa havainnoidaan ensin silmämääräisesti, jonka jälkeen sen spektri mitataan. Liekin valo johdetaan valokuitua pitkin spektrometrin hilalle. Hilan hajottaman valon intensiteetti mitataan aallonpituuden funktiona puolijohdeilmaisimella. Mitattu spektri tallennetaan mittausohjelmaan spektrien vertailua varten.

Asettelut

Koeasetelma on esitetty kuvassa 1.



Kokeen suoritus

1. Valmistelut.
   Käynnistä tietokone ja kytke spektrometri. Kiinnitä spektrometrin anturi statiiviin. Sytytä kaasupoltin ja suuntaa anturi liekkiin. Sopiva välimatka on n. 5 cm.

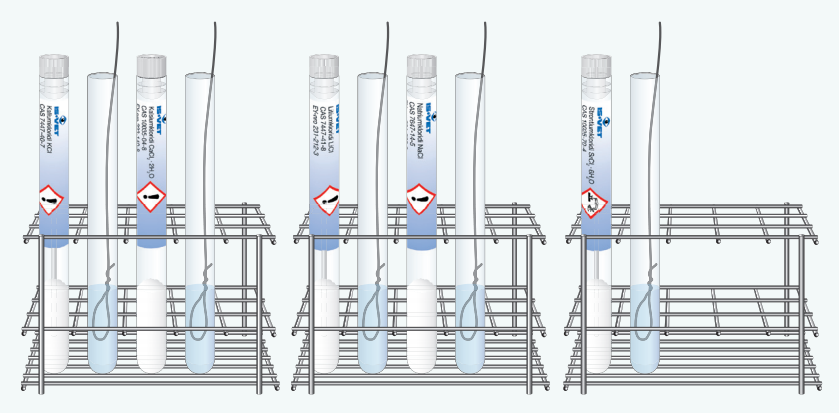
   Pane puhdasta vettä koeputkiin ja katkaise jokaista ainetta varten 10 cm pätkä metallilankaa.

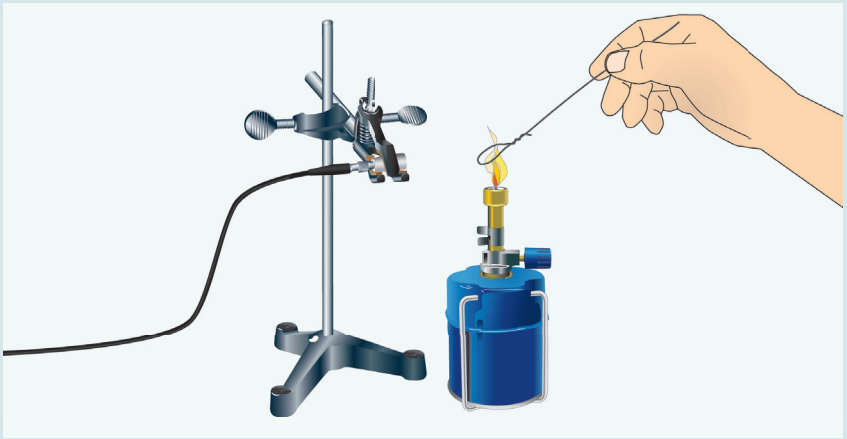
2. Spektrin mittaaminen.
   Taivuta metallilangan pää silmukalle. Kostuta silmukka puhtaassa vedessä ja kosketa sillä natrium -suolaa eli natriumkloridia.

   Pane suolaan kostutettu langan pää liekkiin. Kirjoita liekin väri taulukkoon.

   Tallenna spektri ja tulosta se paperille. Lue kuvasta tai tietokoneen näytöltä voimakkainta väriä vastaava valon aallonpituus tai aallonpituudet ja kirjoita se taulukkoon.

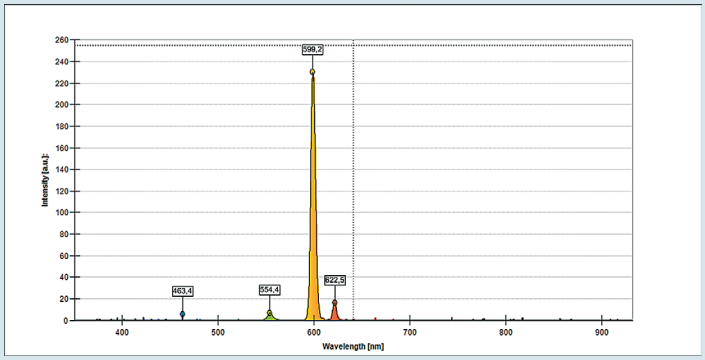
   Mittaa kaikkien suolojen spektrit samalla tavalla. Käytä jokaiselle suolalle omaa metallilankaa ja kostutusvettä, jotta näytteet eivät likaantuisi.



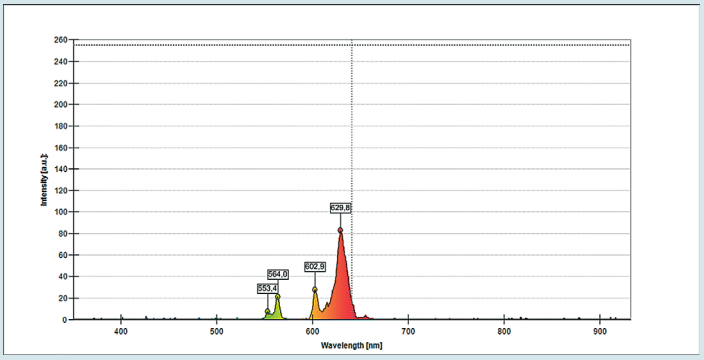


Mittausesimerkki

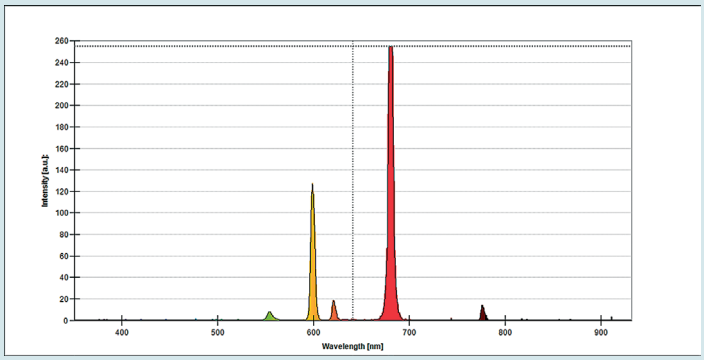
Suola	Liekin värjäävä ioni	Liekin väri	Aallonpituus (nm)
Natriumkloridi	Na^{+}	Keltainen	590
Litiumkloridi	Li^{+}	Punainen	680, 600
Kaliumkloridi	K^{+}	Violetti	773, 599, 621
Kalsiumkloridi	Ca^{+2}	Oranssinkeltainen	630, 603, 564
Kuparikloridi	Cu^{+2}	Vihreä	553
Strontiumkloridi	Sr^{+2}	Punainen	693, 681, 617



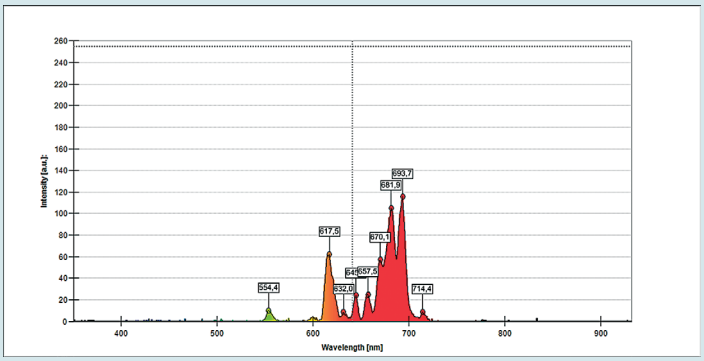
Natriumkloridi



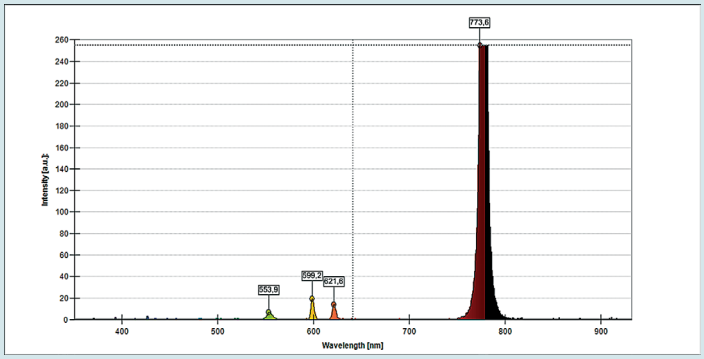
Kalsiumkloridi



Litiumkloridi



Strontiumkloridi



Kaliumkloridi

Tulkinta ja tehtävät

a) Silmämääräisesti havaitaan, että metalli-ionit värjäävät liekin ominaisella tavalla. Jotkut värit ovat vaikeasti erotettavissa toisistaan. Esimerkiksi strontiumsuola ja litiumsuola värjäävät molemmat liekin punaiseksi. Mittaamalla metalli-ionien lähettämän valon spektrit, ongelma poistuu. Spektrit poikkeavat toisistaan selvästi.

b) Tehtävien vastaukset

1. 92.
2. Jokaisella alkuaineella on sille ominainen spektri, josta se voidaan tunnistaa.
3. Verrataan tunnettujen aineiden spektriviivoja tuntemattoman näytteen viivoihin.
4. Laboratoriossa on mitattu alkuaineiden spektrit. Niiden spektrejä on verrattu auringon valon spektriin. Jos alkuaineen spektriviivat löytyvät auringon valon spektristä, aineita löytyy auringosta.
5. 2000.
6. Noin 400 nm. Valo on sinistä.
7. Ultraviolettivalo.
8. Noin 670 nm. Tumma punainen.
9. Infrapunavalo.

Havainnot ja päätelmät

2.

Suola	Liekin värjäävä ioni	Liekin väri	Aallonpituus (nm)
Natriumkloridi			
Litiumkloridi			
Kaliumkloridi			
Kalsiumkloridi			
Kuparikloridi			
Strontiumkloridi			

Tehtäviä

1. Kuinka monta alkuainetta luonnossa on?
2. Jokaisella ihmisellä on erilainen sormenjälki. Miksi alkuaineiden lähettämää valoa voidaan sanoa niiden sormenjäljiksi?
3. Selitä, kuinka tuntemattoman aineen spektristä voidaan päätellä siinä olevat alkuaineet.
4. Miten on voitu selvittää mitä alkuaineita on Auringossa ja muissa tähdissä?
5. Valo on sähkömagneettista aaltoliikettä. Aallonpituudesta riippuu, minkä värisenä valo nähdään. Vihreän valon aallonpituus on 500 nanometriä eli 0,0005 millimetriä. Kuinka monta valoaaltoa mahtuu yhden millimetrin matkalle?
6. Mikä on lyhin aallonpituus, jonka ihminen voi nähdä? Minkä väristä sellainen valo on?
7. Millä nimellä kutsutaan vielä lyhyempiaaltoista valoa?
8. Mikä on pisin ihmissilmällä havaittava valon aallonpituus? Minkä väristä valoa se on?
9. Millä nimellä kutsutaan ihmissilmälle näkymätöntä pitkäaaltoista valoa?

Koe 2

Alkuaineiden tunnistaminen näytteistä liekin värin ja emissiospektrin perusteella.

Kokeen tavoitteet

1. Liekin värin ja emissiospektrin vertaaminen.
2. Tutustuminen spektroskooppisen tutkimuksen periaatteeseen.
3. Huomata, että eri aineita voidaan tunnistaa niistä emittoituvan valon perusteella.

Välineet			Koe 2
44001B	Spektrometri, digitaalinen		1
50035	Suolalajitelma liekkikokeisiin		
51021B	Kaasupoltin, Labogas, Plus		1
51022B	Nestekaasurasia 240 g, Labogaziin		1
57018	Koeputkiteline, 16 mm koeputkille		1
54008	Koeputki 16x160mm, kuum. kestävä		4
14010	Krominikkelivastuslanka Ø 0,4 mm		1
	Suolanäyte 1		1
	Suolanäyte 2		1
Lisäksi tarvitaan			
	Tulitikut		1
	Sivuleikkurit		1
	Mittaustietokone		1

Peruskäsitteet

Atomin ytimessä olevien protonien lukumäärä erottaa alkuaineet toisistaan. Ytimen ympärillä on elektroniverho, johon atomissa on sijoittunut alkuaineelle ominaisille energiatasoille protonien lukumäärää vastaava määrä elektroneja. Jos atomi on luovuttanut tai vastaanottanut elektroneja, siitä tulee sähköisesti varautunut ioni. Atomin tai ionin vastaanottaessa energiaa, se voi virittyä jolloin yleensä uloimmat elektronit siirtyvät vapaille korkeammille energiatiloille. Viritystilat ovat hyvin lyhytikäisiä ja elektroni palaa välittömästi takaisin perustilalleen. Tätä kutsutaan viritykseen purkautumiseksi ja se havaitaan emittoituvana fotonina. Elektroni voi palata suoraan perustilalleen tai matalampien energiatilojen kautta hyppien. Jokainen siirtymä vapauttaa energialtaan aineelle tyypillisen fotonin. Aineen säteilemän valon intensiteetin kuvausta fotonien aallonpituuden funktiona kutsutaan spektriksi, fluoresenssispektriksi. Liekkikokeissa hyödynnetään joidenkin metalli-ionien ominaisuutta emittoida niille tyypillistä värillistä valoa.

Mittausmenetelmä

Koetta varten valmistetaan tutkittavaksi kaksi näytettä. Näyte 1 on puhdasta litiumkloridia. Näyte 2 valmistetaan sekoittamalla kalsiumkoridia ja kaliumkloridia.

Näyte liuotetaan veteen koskettamalla märällä metallilangalla suolaa. Metallilangan pinnalla olevaa liuosta/suolaa kuumennetaan kaasuliekissä, jolloin vesi höyrystyy ja ionit virittyvät.

Liekin valoa havainnoidaan ensin silmämääräisesti, jonka jälkeen sen spektri mitataan. Liekin valo johdetaan valokuitua pitkin spektrometrin hilalle. Hilan hajottaman valon intensiteetti mitataan aallonpituuden funktiona puolijohdeilmaisimella. Mitattu spektri tallennetaan mittausohjelmaan ja sitä verrataan kokeessa 1 mitattuihin metallisuolojen spektreihin.

Asettelut

Koeasetelma on esitetty kuvassa 1.

Kokeen suoritus

1. Valmistelut.
   Käynnistä tietokone ja kytke spektrometri. Kiinnitä spektrometrin anturi statiiviin. Sytytä kaasupoltin ja suuntaa anturi liekkiin. Sopiva välimatka on n. 5 cm.

   Pane puhdasta vettä kahteen koeputkeen ja katkaise kumpaakin näytettä varten 10 cm pätkä metallilankaa.

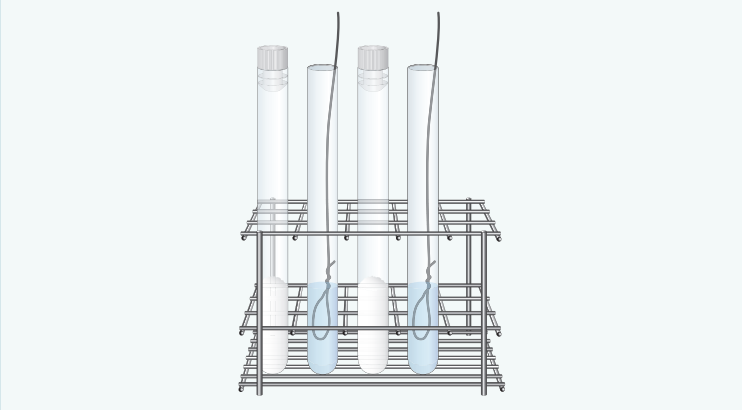
2. Näytteen spektrin mittaaminen.
   Taivuta metallilangan pää silmukalle. Kostuta silmukka puhtaassa vedessä ja kosketa sillä näytesuolaa.

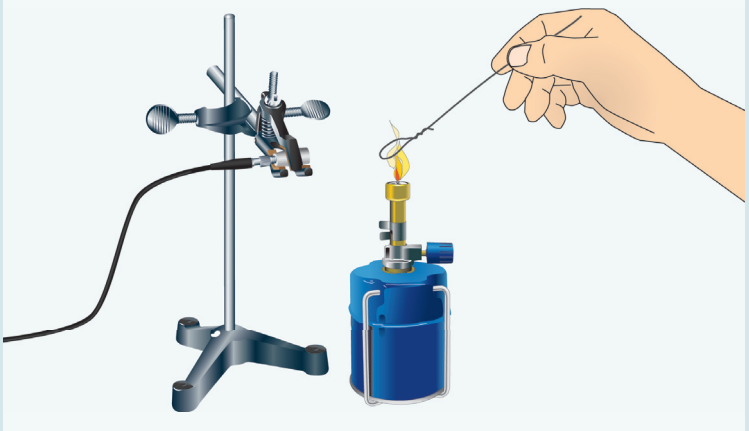
   Pane suolaan kostutettu langan pää liekkiin.
   Kirjoita liekin väri taulukkoon.

   Tallenna spektri. Lue spektristä voimakkaimpia intensiteettihuippuja vastaavat valon aallonpituudet ja kirjoita ne taulukkoon.

   Mittaa molempien näytteiden spektrit samalla tavalla. Käytä kummallekin näytteelle omaa metallilankaa ja kostutusvettä, jotta ne eivät likaantuisi.

3. Alkuaineen tunnistaminen spektristä eli spektrianalyysi.
   Tunnista näytteissä olevat metalli-ionit vertaamalla liekin väriä ja mitattua spektriä kokeen 1 tuloksiin.





Mittausesimerkki

Suola	Liekin värjäävä ioni	Liekin väri	Aallonpituus (nm)
Natriumkloridi	Na^{+}	Keltainen	590
Litiumkloridi	Li^{+}	Punainen	680, 600
Kaliumkloridi	K^{+}	Violetti	773, 599, 621
Kalsiumkloridi	Ca^{+2}	Oranssinkeltainen	630, 603, 564
Kuparikloridi	Cu^{+2}	Vihreä	553
Strontiumkloridi	Sr^{+2}	Punainen	693, 681, 617
Suolanäyte 1	Li^{+}	Punainen	680, 600
Suolanäyte 2	K^{+} ja Ca^{+2}		773, 599, 631,559, 564

2. Alkuaineiden tunnistaminen liekin väristä ja spektristä.

Näyte 1. Silmämääräinen tarkastelu:

- Liekin väri: punainen
- Tunnistetut ionit: litium tai strontium

Spektrin tarkastelu:

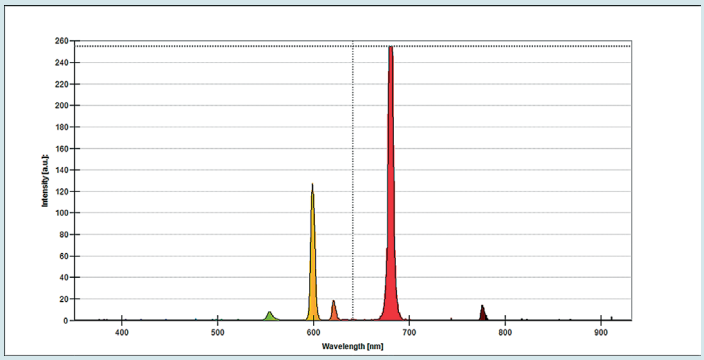
- Liekin spektristä mitatut valon aallonpituudet: 680, 600
- Tunnistetut ionit: litium

Näyte 2. Silmämääräinen tarkastelu:

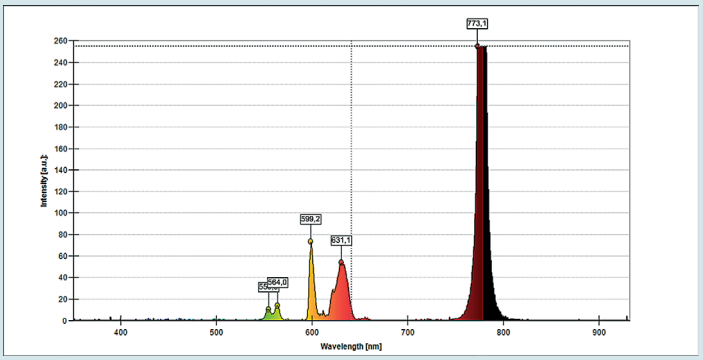
- Liekin väri: oranssinpunainen
- Tunnistetut ionit:

Spektrin tarkastelu:

- Spektristä mitatut valon aallonpituudet: 773, 599, 631,559, 564
- Tunnistetut ionit: kalium ja kalsium



Litiumkloridi



Kuva 1: Näyte 2, kalsiumkloridi + kaliumkloridi

Tulkinta ja tehtävät

a) Näyte 1. Havaittava punainen väri sopii sekä litium- että strontiumkloridiin. Vertaamalla näiden kokeessa 1 mitattuja spektrejä näytteet spektriin huomataan suolan olevan litiumkloridia.

Näyte 2. Vertaamalla kokeessa 1 havaittuja spektrejä näytteen spektreihin havaitaan infrapuna-alueen voimakkaasta spektriviivasta toisen suolan olevan kaliumkloridi. Seoksen toinen suola voidaan tunnistaa vihreällä alueella olevasta spektriviivasta kalsiumkloridiksi.

b) Tehtävien vastaukset

1. Tutkimalla kaasupilvien läpi tullutta valoa, jonka spektristä on havaittu merkkejä tuttujen aineiden spektriviivoista. Myös tähtien ja hehkuvien sumujen spektreistä voidaan tunnistaa tunnettujen aineiden spektriviivoja.

Havainnot ja päätelmät

1. Havainnot kokeesta 1 ja näytteistä 1 ja 2.

Suola	Liekin värjäävä ioni	Liekin väri	Aallonpituus (nm)
Natriumkloridi			
Litiumkloridi			
Kaliumkloridi			
Kalsiumkloridi			
Kuparikloridi			
Strontiumkloridi			
Suolanäyte 1			
Suolanäyte 2			

2. Alkuaineiden tunnistaminen liekin väristä ja spektristä.

Näyte 1. Silmämääräinen tarkastelu:

- Liekin väri: _____
- Tunnistetut ionit: _____

Spektrin tarkastelu:

- Liekin spektristä mitatut valon aallonpituudet: _____
- Tunnistetut ionit: _____

Näyte 2. Silmämääräinen tarkastelu:

- Liekin väri: _____
- Tunnistetut ionit: _____

Spektrin tarkastelu:

- Spektristä mitatut valon aallonpituudet: _____
- Tunnistetut ionit: _____

Tehtäviä

1. Avaruudesta on löydetty vettä ja monia muita maasta tuttuja yhdisteitä. Selvitä miten ne on voitu tunnistaa.

50035 Suolalajitelma liekkikokeisiin

Valikoima sisältää seuraavat metallit suoloina: Barium, Cesium, Kalium, Kalsium, Kupari, Litium, Natrium, Strontium.

Nimi	Varoitusmerkki (GHS:n mukainen)	Vaaraluokitus Varoitusmerkinnät		Tärkeimmät aallonpituudet nm[1]	Suhteellinen intensiteetti	Liekin väri (näkyvän valon alue)
		Huomiosana, H-lausekkeet	P-lausekkeet			
Bariumkloridi $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ CAS 10326-27-9 EY-nro 233-788-1		Vaara H301 Myrkyllistä nieltynä. H332 Haitallista hengitettynä.		455,40 493,41 553,56 614,17 649,70	100 31 10 31 18	vihreän-keltainen
Cesiumkloridi CsCl CAS 7647-17-8 EY-nro 231-600-2	–	Ei vaarallinen aine GHS:n mukaan		455,54 459,32 672,33 794,38	10 5 5 100	sininen
Kaliumkloridi KCl CAS 7447-40-7 EY-nro 231-211-8		Varoitus H319 Ärsyttää voimakkaasti silmiä.	P305 + P351 + P338 Jos kemikaalia joutuu silmiin: Huuhdo huolellisesti vedellä usean minuutin ajan. Poista piilolinssit, jos sen voi tehdä helposti. Jatka huuhtomista.	404,41 404,72 766,50 769,90	2 1 100 50	violetti [2]
Kalsiumkloridi $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ CAS 10035-04-8 EY-nro 233-140-8		Varoitus H319 Ärsyttää voimakkaasti silmiä.	P305 + P351 + P338 Jos kemikaalia joutuu silmiin: Huuhdo huolellisesti vedellä usean minuutin ajan. Poista piilolinssit, jos sen voi tehdä helposti. Jatka huuhtomista.	393,37 396,85 422,67 445,48 643,91	100 52 26 3 2	tiilen-punainen
Kuparikloridi $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ CAS 10125-13-0 EY-nro 231-210-2		Varoitus H302 Haitallista nieltynä. H315 Ärsyttää ihoa. H319 Ärsyttää voimakkaasti silmiä. H335 Saattaa aiheuttaa hengitysteiden ärsytystä. H400 Erittäin myrkyllistä vesieliöille.	P261 Vältä Pölyn/savun /kaasun /sumun / höyryn/suihkeen hengittämistä. P273 Vältettävä päästämistä ympäristöön. P305 + P351 + P338 Jos kemikaalia joutuu silmiin: Huuhdo huolellisesti vedellä usean minuutin ajan. Poista piilolinssit, jos sen voi tehdä helposti. Jatka huuhtomista.	324,75 327,40 406,27 458,70 521,82 578,21	100 50 3 4 2 1	vihreä (sininen)
Litiumkloridi LiCl CAS 7447-41-8 EY-nro 231-212-3		Varoitus H302 Haitallista nieltynä. H315 Ärsyttää ihoa. H319 Ärsyttää voimakkaasti silmiä. H335 Saattaa aiheuttaa hengitysteiden ärsytystä.	P261 Vältä pölyn/savun /kaasun /sumun / höyryn/suihkeen hengittämistä. P305 + P351 + P338 Jos kemikaalia joutuu silmiin: Huuhdo huolellisesti vedellä usean minuutin ajan. Poista piilolinssit, jos sen voi tehdä helposti. Jatka huuhtomista.	323,26 460,29 610,36 670,78	0,5 0,4 9 100	karmiinin-punainen
Natriumkloridi NaCl CAS 7647-14-5 EY-nro 231-598-3		Varoitus H319 Ärsyttää voimakkaasti silmiä.	P305 + P351 + P338 Jos kemikaalia joutuu silmiin: Huuhdo huolellisesti vedellä usean minuutin ajan. Poista piilolinssit, jos sen voi tehdä helposti. Jatka huuhtomista.	330,23 330,30 589,00 589,59	2 1 100 50	keltainen [2]
Strontiumkloridi $SrCl_2 \cdot 6H_2O$ CAS 10025-70-4 EY-nro 233-971-6		Vaara H318 Vaurioittaa vakavasti silmiä.	P280 Käytä suojakäsineitä/silmien-suojainta/ kasvonsuojainta. P305 + P351 + P338 Jos kemikaalia joutuu silmiin: Huuhdo huolellisesti vedellä usean minuutin ajan. Poista piilolinssit, jos sen voi tehdä helposti. Jatka huuhtomista.	407,77 421,55 460,73 483,21	100 70 14 8	karmiinin-punainen

[1] Voimakkaimpien spektriviivojen aallonpituudet spektrin näkyvällä ja ultravioletilla alueella. Aallonpituudet alle 200 nm tyhjiössä ja yli 200 nm ilmassa, lämpötila 15 °C ja paine 1,013 bar.

[2] Käyttämällä kobolttilasia voidaan Na ja K todeta liekistä samanaikaisesti esiintyessään. Natriumin läsnä ollessa violetti väri peittyy natriumin aiheuttaman keltaisen liekin alle, mutta tulee näkyviin kobolttilasin lävitse liekkiä tarkasteltaessa.