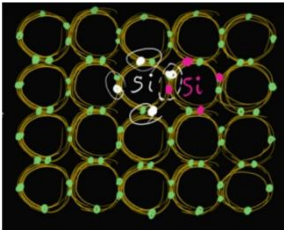


6.	Hvad er halvledere? (18)
Målgruppe	Elever, eventuelt lærere
Alder, elever	14–18
Varighed	2 timer (endeligt resultat af eksperimentet efter 24 timer)
Overblik	Eleverne vil skabe og observere kobbersulfatkrystaller, derefter lave en model af, hvad der sker på molekylært niveau, og anvende disse resultater på andre stoffer. Eleverne lærer om, hvordan halvledere fremstilles, og bliver præsenteret for andre industrielle og kommercielle anvendelser af disse materialer.
Materialer	• Bægerglas • Computere med adgang til YouTube og Flipgrid • Kobber(II)sulfatpentahydrat (70 g) • Dissektionsmikroskop (til at observere krystaller, hvis ikke tilgængeligt kan et billede vises fra internettet) • Erlenmeyerkolbe • Folie • Tragt med bomuld • Varmt vand (100 ml) • Plastiksnor • Elevark halvledere
Centrale spørgsmål	1. Hvordan kan vi bruge naturligt forekommende materialer til at lave elektronik? 2. Hvordan vokser en krystalstruktur? 3. Hvad er forholdet mellem halvledere og krystaller?
Engager	Aktivering af forudgående viden • Eleverne deler deres viden om krystaller, molekylære gitterstrukturer og halvledere ved individuelt at udfylde afsnit A i elevarket • . Eleverne sammenligner deres observationer med en kammerat og udfylder afsnit B i elevarket om halvledere. (NGSS SEP: At stille spørgsmål og definere problemer) • Hvert elevpar deler mindst ét svar, og læreren opretter en fælles liste over klassens viden, observationer og undren. (Kulturelt lydhør praksis: Læreren opmuntrer til og accepterer alle svar fra klassen og fejrer de forskellige idéer og baggrundsviden, som eleverne bidrager med til denne lektion)
Udforsk	• Udforskning og skabelse af krystaller • Læreren introducerer udforskningsafsnittet ved at dele følgende hovedidéer med eleverne: • Vis video: „I er fremtiden inden for halvledere!“ • → https://vimeo.com/639743392 • Halvledere bruges grundlæggende i al teknologi. • Processen med at fremstille en halvleder involverer sand og krystaller • Vi vil nu modellere krystallisationsprocessen med et andet stof (kobbersulfat) • Eleverne arbejder i grupper for at observere kobbersulfatkrystaller (opsat af læreren mindst 24 timer i forvejen) og udfylder afsnit C i elevarket om halvledere. (NGSS SEP: At stille spørgsmål og definere problemer) • Eleverne arbejder i grupper for at skabe kobbersulfatkrystaller og observere krystalgitterstrukturen under et dissektionsmikroskop. Eleverne udfylder afsnit D i elevarket om halvledere. (NGSS SEP: At planlægge og gennemføre undersøgelser)
Vejledning	Eleverne starter her og ser en kort video af eksperimentet „Sådan dyrker du en kobbersulfatkrystal (enkelt eksperiment)“ før de selv går i gang. → https://www.youtube.com/watch?v=FFR4nei9qv8 Fremgangsmåde:

	• Tilsæt 70 gram kobbersulfatpentahydrat i et bægerglas. • Hæld 100 ml varmt vand over det, og rør rundt i 10-15 minutter (eller indtil pulveret er opløst). • Når pulveret er opløst, bruges tragten med bomuld til at filtrere opløsningen ned i en Erlenmeyerkolbe. • Overfør væsken fra Erlenmeyerkolben til et bægerglas, og dæk det med folie i 24 timer. • Efter 24 timer: hæld forsigtigt væsken fra bægerglasset ned i en Erlenmeyerkolbe for at blotlægge de dannede krystaller.
Forklar	• Sammenkobling af kobbersulfatkrystaller og siliciumkrystaller • Efter eleverne har sammenlignet og observeret kobbersulfatkrystallerne og skabt deres egne, guider læreren dem gennem en klassesdiskussion, der forbinder kobbersulfatkrystallerne med siliciumkrystaller. Eleverne ser en kort video „<i>Fra sand til silicium: Sådan fremstilles en chip / Intel</i>“ om halvledere og udfylder udfyldningsnoter i afsnit E i <i>elevarket om halvledere</i>. (NGSS SEP: Udvikling og brug af modeller) → https://www.youtube.com/watch?v=Q5paWn7bFg4 • Facitliste til forklaringsafsnittet: ○ Teacher Research Consultants, LLC ○ Dannelsen af kobbersulfatkrystaller minder om dannelsen af siliciumkrystaller. Silicium findes i kvartssand, efter det er blevet adskilt i silicium og ilt. ○ Siliciumkrystaller kan bruges til at skabe substratet til halvledere. ○ Halvledere bruges i en lang række teknologier, såsom mobiltelefoner, computere og kunstig intelligens. ○ Hvordan ville det se ud, hvis vi zoomede ind på siliciumkrystaller? Kopiér diagrammet fra tavlen: Skematisk fremstilling af siliciumkrystal:  • Vi kan ikke lave krystaller af sand i klassen, fordi det kræver meget mere varme (over 1.600 grader celsius). • Vi brugte kobbersulfat til at lave krystaller, fordi det er let og sikkert at arbejde med. Forskere • i et laboratorium bearbejder silicium, som derefter kan bruges i teknologi. • Lad os nu lære mere om denne proces.
Uddyb	Fra siliciumkrystaller til halvledere • Eleverne ser et afsnit (fra start til 7:30) af Khan Academy-videoen Khan Academy Semiconductor „<i>Introduktion til halvledere</i>“ → https://www.youtube.com/watch?v=60Qz051rD_w Introduktion og udfylder afsnit F i <i>elevarket om halvledere</i> som klasse. (NGSS SEP: At konstruere forklaringer og designe løsninger) • Læreren fortæller eleverne om de mange forskellige mennesker, der er involveret i at skabe halvledere, og fremhæver Dr. Anuja DaSilva, en materialeforsker. → https://docs.google.com/document/d/1xfX8OJTl9cqsqw_BWl3lPczvTEZ_wGOZR_mid_QY2v8E/edit?tab=t.0 (Karrierehøjdepunkt: Materialeforskere studerer strukturer og kemiske egenskaber ved forskellige naturlige, syntetiske eller kompositmaterialer og arbejder på at finde måder at styrke eller udvikle nye materialer til brug i en bred vifte af produkter.) • Facitliste til uddybningsafsnittet:

	○ Hvor mange valenselektroner har silicium? Hvad er vigtigt ved disse elektroner? -> 4 valenselektroner, og de er vigtige, fordi de kan reagere med andre grundstoffer ○ Hvilket grundstof har flere frie elektroner: kobber eller silicium? -> Kobber ○ Hvilket er en bedre leder af elektricitet, kobber eller silicium? Hvorfor? -> Kobber, fordi elektronerne kan bevæge sig frit ○ Hvad tilsættes silicium for at lade elektronerne bevæge sig mere frit? Hvad kaldes denne proces? -> Urenheder (andre grundstoffer, som fosfor eller bor), og dette kaldes „doping“ ○ Når silicium dotes med fosfor, hvad kan så begynde at flyde? -> Strøm kan begynde at flyde ○ Hvad betyder ordet „semi“? Ud fra det, du lige har set, hvordan gælder det for ordet „halvleder“? -> „Semi“ betyder „delvis“ eller „halv“. En halvleder refererer til noget, der delvist kan lede elektricitet.
Evaluer	At samle det hele • Eleverne laver en 3 til 5 minutters Flipgrid-video baseret på spørgsmålene i afsnit G i <i>elevarket om halvledere</i>. (NGSS SEP: At konstruere forklaringer og designe løsninger) (Kulturelt lydhør praksis: Eleverne kan selv vælge, hvilke spørgsmål de vil besvare. Eleverne kan vælge de spørgsmål, de føler sig mest sikre på og interesserede i.) • Spørgsmål fra afsnit G: ○ Hvordan kan vi bruge naturligt forekommende materiale til at lave elektronik ○ Hvordan vokser en krystalstruktur? ○ Hvad er forholdet mellem halvledere og krystaller? ○ Hvad er en halvleder? Hvorfor er det vigtigt for mig? ○ Hvilken type forskere arbejder med at skabe halvledere? ○ Vil du gerne arbejde i halvlederindustrien? Hvorfor eller hvorfor ikke?
Udvid	• Eleverne kan se videoen „<i>Sådan fungerer halvledere</i>“ og lave deres egne spørgsmål med facit → https://www.youtube.com/watch?v=33vbFFn04k Eleverne kan se resten af videoen Khan Academy Semiconductor Introduction „<i>Introduktion til halvledere</i>“ (omkring fem minutter tilbage) → https://www.youtube.com/watch?v=60Qz051rD_w • Eleverne kan udforske en anden materialeforsker, <i>Frances Ross</i>, for at lære mere om hendes baggrund og aktuelle forskning. (Karrierehøjdepunkt: Materialeforskere i halvlederindustrien har brug for kreativitet og kan have kunstneriske forbindelser i designet af materialer.) → https://www.bnl.gov/newsroom/news.php?a=26342
Dokumentation	Antal deltagere; opsummering af spørgsmål og svar