

Bandgap Battle

Docentenhandleiding

1. Inleiding

De **Bandgap Battle** is een educatief spel ontworpen om leerlingen inzicht te geven in het concept *bandgaps*, de relatie met elektrische geleiding én het onderscheid tussen isolatoren, halfgeleiders en geleiders.

Het spel is makkelijk te spelen en maakt abstracte quantumbegrippen toegankelijk voor leerlingen vanaf 12 jaar.

Doelgroep: vanaf 12 jaar

Tijdsduur: 15–25 minuten

Voorkennis¹: atoommodellen, energie en energieniveaus, basisbegrip geleiding

Materialen: fotonkaarten (bijlage 2), bandgap kaarten (bijlage 3), fiches (of muntjes)

2. Leerdoelen

Na deze activiteit kan de leerling...

... uitleggen wat een *bandgap* is.

... onderscheid maken tussen isolator, halfgeleider en geleider op basis van waarde van de bandgap.

... aangeven voor welke kleuren (golflengte/frequentie/foton-energie) het makkelijk of juist moeilijk is voor elektronen in de valentieband om de bandgap te overbruggen.

... aangeven waarom het lastiger is om het spel te winnen wanneer de waarde van de bandgap groot is.

3. Achtergrondinformatie

Voorkennis

Het spel is prima op zichzelf staand te spelen. Hiervoor is het niet noodzakelijk dat de leerlingen voorkennis hebben over *alle* concepten als bandgap, fotonen, energieniveaus, elektronen of (half)geleiders en isolatoren. De mate van voorkennis zal sterk afhankelijk zijn van de leeftijd en schooltype van de klas waarin je het spel speelt. In bijlage 1 is een tabel afgebeeld waarin voor de onderbouw, havo bovenbouw en vwo-bovenbouw elk is aangegeven hoe deze activiteit aansluit bij het standaardcurriculum.

¹ Voorkennis is handig maar niet vereist. Het spel is volledig op zichzelf staand te spelen, maar ook als onderdeel van een les(senreeks).

Bandgap

In de quantummechanica beschrijven bandstructuren hoe elektronen zich in vaste stoffen kunnen bewegen. De **bandgap** is het energieverschil tussen de valentieband en de geleidingsband (zie tabel 1).

Tabel 1

Type materiaal	Bandgap	Eigenschap
Geleider	Geen / overlap	Elektronen bewegen vrij
Halfgeleider	Klein (≈ 1 eV)	Geleiding mogelijk bij energie-inbreng
Isolator	Groot (> 3 eV)	Nauwelijks geleiding

4. Overzicht van het spel

Het doel van het spel is om als eerste alle elektronen in de geleidingsband te krijgen.

Elk team krijgt een bandgap kaart (0.7 eV, 1.8 eV of 3.1 eV), 8 fiches (of muntjes) en eventueel een stapel foton-kaartjes.

Foton-kaartjes

Er zijn drie varianten van foton-kaartjes; kaartjes met daarop...

... de **foton-energie** uitgedrukt in eV

... de **golflengte** van het foton uitgedrukt in nm

... de **frequentie** van het foton in THz

Elke stapel foton-kaartjes bevat in elk geval de kaartjes met daarop de **foton-energie** (eV).

Om het spel moeilijker te maken kun je een aantal kaartjes met daarop de **golflengte** en/of de **frequentie** aan de stapel foton-kaartjes toe te voegen. In dat geval moeten leerlingen gebruik maken van de volgende formules:

$$E_f = h \cdot f$$

$$E_f = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

Rondestructuur

Elke ronde bestaat uit:

1. Trekken van kaarten (centraal door docent of individueel door de teams zelf)
2. Eventueel omrekenen van golflengte of frequentie naar energie
3. Vergelijken van de foton-energie met de bandgap
4. Bepalen of er een elektron van de valentieband naar de geleidingsband springt

5. Voorbeeld van een les

Introductie (5 minuten)

- Korte klassikale uitleg: "Wat is een bandgap?"
- Doel van de les en spelopzet.

Teams maken (5 minuten)

- Groepjes van 3–4 leerlingen.
- Materialen uitdelen.

Spelregels uitleggen (5 minuten)

- Toon voorbeeldkaarten.
- Leg strategie en punten uit.
- Speel korte oefenronde klassikaal.

Bandgap Battle (15-25 minuten)

- Docent leidt het spel en trekt elke ronde 1 kaart met daarop de fotonenergie.
- Teams bepalen of een elektron de bandgap kan overbruggen.
- Indien ja, team mag 1 fiche van de valentieband naar de geleidingsband verplaatsen.
- Het team dat als eerste de geleidingsband volledig heeft gevuld of met de meeste elektronen in de geleidingsband wint.
- Speel het spel eventueel een tweede keer. Geef elk Team een andere bandgap kaart.

Nabespreking (10-15 minuten)

- Bespreek klassikaal wat de leerlingen hebben ontdekt tijdens het spel.
- Leerlingen zouden hierbij de volgende zaken kunnen ontdekken:
 - Het spel is niet eerlijk! Het is lastig om het spel te winnen wanneer de bandgap groter is.
 - De kleur zegt iets over de hoeveelheid foton-energie. Rode kaartjes komen overeen met lage foton-energie en paars juist met een hoge foton-energie. Wanneer je de kaartjes laag naar hoog legt krijg je de kleuren van de regenboog
 - Een bandgap met een grote waarde gedraagt zich als een elektrische isolator.

6. Materialen & voorbereiding

Print & klaarleggen:

- Foton-kaartjes
 - Docent-gestuurd: één stapel met foton-kaartjes is voldoende
 - Leerling-gestuurd: elk team krijgt een stapel met foton-kaartjes
 - Bovenbouw-variant: voeg een aantal foton-kaartjes met daarop de **golflengte** en/of de **frequentie** toe aan elke stapel met foton-kaartjes.
- Bandgap kaarten (eventueel geplastificeerd)
- Fiches of muntjes (8 per team)
- Korte handleiding voor de leerlingen (1 pagina)

Bijlage 1 - Aansluiting op het curriculum

Concept	Onderbouw	Bovenbouw havo (domeinen)	Bovenbouw vwo (domeinen)
Fotonen & fotonenergie	Licht & kleur Licht als energiedrager Werking van LED's	B2 - Foton en fotonenergie ($E_f = h \cdot f$) E1 - Wet van Wien	B2 - Foton en fotonenergie E2 - Emissie- en absorptiespectra
Energieniveaus van elektronen	Atoommodel (schillen) Uit te breiden naar energieniveaus	G1 - Vrije elektronen en geleiding	E2 - Energieniveaus D1 - Vrije elektronen en geleiding F1 - Energiespectrum waterstofatoom
Bandgap Geleider / halfgeleider / isolator	Elektriciteit Verschil in geleiding tussen bijv. metaal en kunststoffen	G1 - Geleiders, halfgeleiders en isolatoren, diodes, sensoren G2 - Toepassing van halfgeleiders bij sensoren	E2 - Energieniveaus en spectraallijnen F1 - Bandgap, onderscheid geleiders, halfgeleiders en isolatoren

Bijlage 2 - Fotonkaarten

380 nm	3.26 eV	788 THz	570 nm	2.18 eV	527 THz
390 nm	3.18 eV	769 THz	580 nm	2.14 eV	517 THz
400 nm	3.10 eV	750 THz	590 nm	2.10 eV	508 THz
410 nm	3.03 eV	733 THz	600 nm	2.07 eV	500 THz
420 nm	2.95 eV	713 THz	610 nm	2.03 eV	491 THz

430 nm	2.88 eV	696 THz	620 nm	2.00 eV	484 THz
440 nm	2.82 eV	682 THz	630 nm	1.97 eV	476 THz
450 nm	2.76 eV	667 THz	640 nm	1.94 eV	469 THz
460 nm	2.70 eV	653 THz	650 nm	1.91 eV	462 THz
470 nm	2.64 eV	638 THz	660 nm	1.88 eV	455 THz

480 nm	2.58 eV	624 THz	670 nm	1.85 eV	447 THz
490 nm	2.53 eV	612 THz	680 nm	1.82 eV	440 THz
500 nm	2.48 eV	600 THz	690 nm	1.8 eV	435 THz
510 nm	2.43 eV	588 THz	700 nm	1.77 eV	428 THz
520 nm	2.39 eV	578 THz	710 nm	1.75 eV	423 THz

Bijlage 3 - Bandgap kaarten





