

QDNL 3.6 – UU 24 May 2024 Quantum education for the younger generation

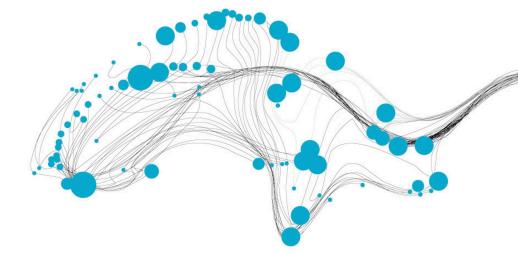
Quantum physics in class:

HOW CAN WE SUPPORT TEACHERS?

UNIVERSITY OF TWENTE.









Working example



Problem

Quantum physics (QP) is difficult and still unknown for teachers.

- Little background content knowledge
- Depending on textbooks
- Limited instructional strategies
- Lack of confidence (self-efficacy) in teaching QP



What we know

Physics Teacher Professional Development COMMON MISTAKES

- - Disconnection from classroom practice (Penuel et al., 2007; Loucks-Horsley et al., 2010)
 - Lack of connection to teaching strategies and PCK (Etkina, 2010)
 - Short-term and fragmented approach (Desimone, 2009)
 - Lack of active learning (Garet et al., 2001)
 - Lack of ongoing support and collaboration (Luft et al., 2014; Roehrig, 2023)
 - Limited hands-on/lab experiences (Etkina, 2010)

What we know

Physics Teacher Professional Development EFFECTIVE ONES

Effective teacher professional development programs

- 📾 Content focused
- Coherence (with teachers' needs, style, goals and school environment)
- Grounded in effective models of instruction
- Collaboration, feedback and reflection
- 📾 Active learning
- Sustained duration

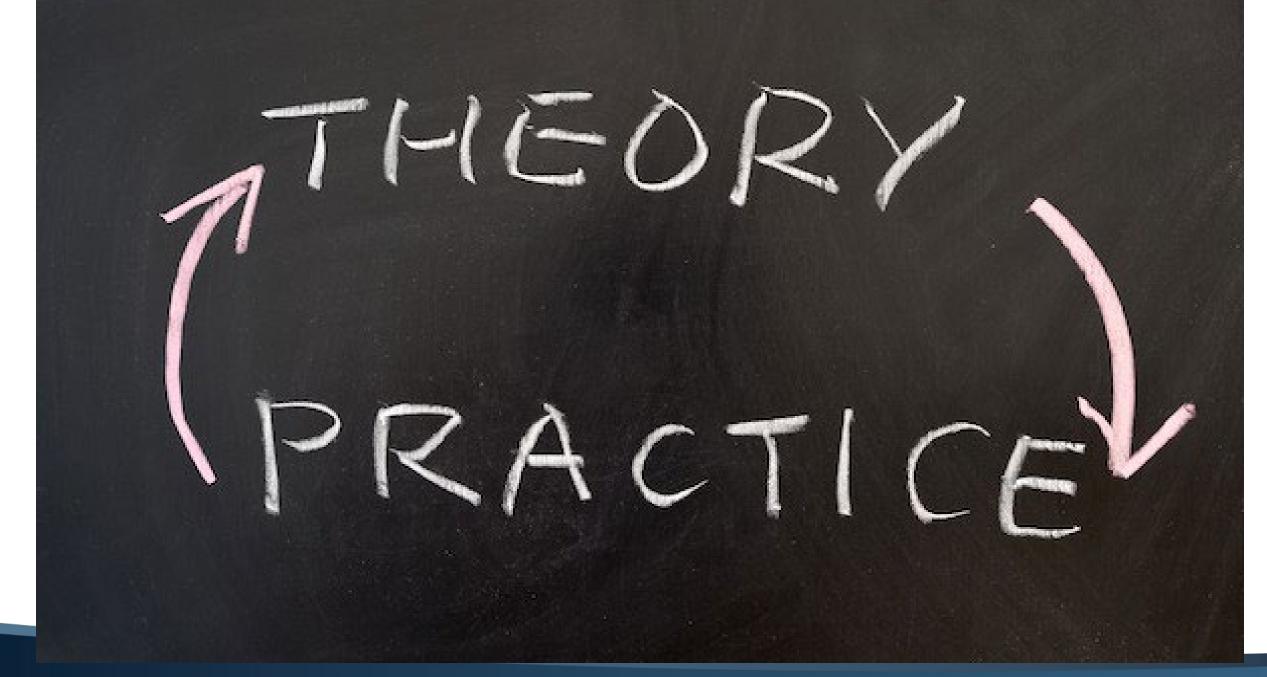
(Etkina, 2010; Luft et al., 2014; Roehrig, 2023; Darling-Hammond et al., 2017; Carli et al., 2023; Poortman et al., 2022; Westbroek et al., 2017)

Preconditions

Teachers will implement innovations, if they are practical:

- Instrumental (ready to use tomorrow / solving a problem)
- Congruent (with self-perception and classroom setting)
- Low cost (effort and time)

Doyle & Ponder 1977; Westbroek et al., 2017

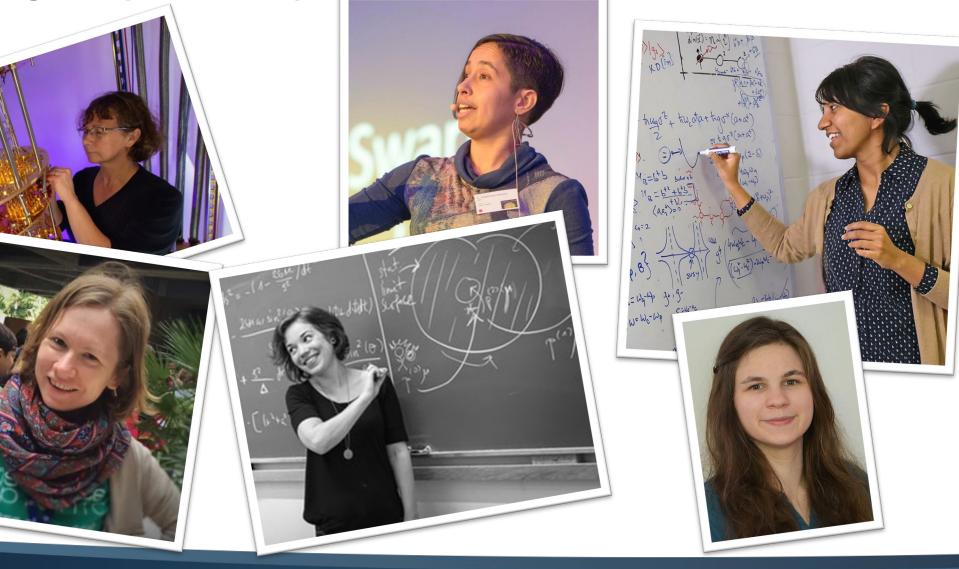


Quantum PLN

Professional Learning Network (PLN) Planning

- Physics educators from different schools
- Once a month, 7 times, Mondays 15:00-18:00
- Teachers define goals
- Expert facilitates and supports development, offers inspiration

How to get participants?



Getting participants

- Website
- Emails
- Personal conversations

Uitnodiging Quantum PLN 2023

Hopelijk is het examen goed bij je verlopen en heb je nu weer zin om plannen voor volgend jaar te

Samen met Henk Pol werk ik sinds vorig jaar als vakdidacticus natuurkunde aan de Universiteit Twente. Ik heb onderzoek ædaan naar het æven van quantumfysica op het vwo. En dat kan vaak boeiender. Samen met Henk Pol werk ik sinds vorig jaar als vakdidacticus natuurkunde aan de Universiteit Twente Ik heb onderzoek gedaan naar het geven van quantumfysica op het vivo. En dat kan vaak boeiender, veelziidiger, duidelijker en met meer samenhang dan het in de meeste boeken aaneebaden wordt. Ve Ik heb onderzoek Bedaan naar het geven van quantumfysica op het vwo. En dat kan vaak boeiender, veelzijdiger, duidelijker en met meer samenhang dan het in de meeste boeken aangeboden wordt volgend trhooliaar bied ik daarom een '**Professional Learning Network' (PLN) Quantum** op de veelzijdiger, duidelijker en met meer samenhang dan het in de meeste boeken aangeboden word volgend schooljaar bied ik daarom een '**Professional Learning Network' (PLN) Quantum** op de Universiteit Twente aan. We werken daarin samen aan het verheteren van ierders achtergronde

^{Jolgend} schooljaar bied ik daarom een '**Professional Learning Network' (PLN) Quantum** op de Universiteit Twente aan, We werken daarin samen aan het verbeteren van ieders achtergrondkennis en didactische vaardigheden voor quantumfysica.

Je kunt bijvoorbeeld direct toepasbaar en getest /esmateriaal over de filosofische kanten van auantumfvsica Rebruiken of voor ie eigen lessituatie aanoassen. quantumfysica gebruiken of voor je eigen lessituatie aanpassen. Er is ook een mooie selectie van uitlegfilmpjes en interactieve applets die goed bij het ^{avamennmaramma}aanchuitan Jere deelnemer kan met zijn leerlingen gebruik maken van een gevalideerde online incept toets (20 MC vragen over quantumwere(d) om na te gaan, wat de leerlingen al concept toets (20 MC vragen over quantumwerela) om na te gaan, wat oe ieeringeti a begrijpen en waar ze nog hulp kunnen gebruiken; ook nuttig als examenvoorbereiding: in the transformation manager intervention of the transformation of the tra begrijpen en waar ze nog hulp kunnen gebruiken; ook nuttig als examenvoorbereiding. In het leerlingenlab gaan we verschillende quantumpractica uitproberen, die in de toekomst ook mee naar chool genomen kunnen worden. Wie wil mae daarvoor nu al een keer In het leerlingenlab gaan we verschillende quantumpractica uitproberen, die in de toeko ook mee naar school genomen kunnen worden. Wie wil, mag daarvoor nu al een keer laarlingen maanemen naar de inivarciteit reeningen meenemen naar de universiteit. Er bestaat ook de mogelijkheid laboratoria van de UT te bezichtigen, waar aan ninnet meenemen oordee ondere oordee oordee

In dit PLN gaan docenten samen met mij en andere experts van de Universiteit Twente (in 6 middagen ner schooliaar) aan boeiend en nuttie auantumfvsica-onderwijs werken. We besoreken verschillende In dit PLN gaan docenten samen met mij en andere experts van de Universiteit Twente (in 6 middagen per schooljaar) aan boeiend en nuttig quantumfysica-onderwijs werken. We bespreken verschillende perspectieven op quantumfysica, zoals historisch. technisch. praktisch en filosofisch en kilken wat bii jo Per schooljaar) aan boeiend en nuttig quantumfysica-onderwijs werken. We bespreken verschillende perspectieven op quantumfysica, zoals historisch, technisch, praktisch en filosofisch en kijken wat bij jou en je leerlingen past.

taar ook oe mogeiijkneid laboratoria van de ui te bezichtigen, waar aan Vumtechnologie - onder andere voor quantumcomputers - gewerkt wordt. Ook dat kun jer op een eewenste datum met ie leerlingen komen doen.

je later op een gewenste datum met je leerlingen komen doen. Ik laat ook graag lesmateriaal uit andere landen zien of vertel wat je met onderwerpen als ^{auantumcomnuter} of nuantumcrvotografie in ie lessen kunt.

Beste docenten natuurkunde,

Universation and the easily we werken used in serve didactische vaardigheden voor quantumfysica.

veenuurneenn vongere on uer andere voor quarrumeornpuiters e le later op een gewenste datum met je leeringen komen doen u. Inst on Lander Landers in die andere indere doen

Zie dit als een keuzebuffet dat ook nog uitgebreid kan worden. De deelnemers bepalen zelf waar ze behoefte aan hebben en ik zal er de benodigde materialen en informatie bij elkaar brengen. Samen Žie dit als een keuzebuffet dat ook nog uitgebreid kan worden. De deelnemers bepalen zelf waar ze behoefte aan hebben en ik zal er de benodigde materialen en informatie bij elkaar bengen zelf waar ze werken we aan oraktisch lesmateriaal dat je zo in je les kunt gebruiken. lk nodig je uit om aan dit PLN deel te nemen. Uiteraard mag je deze uitnodiging ook naar andere eeinteresseerde colleea's doorsturen. Als ie ie aanmeldt, zal ik contact met ie oonemen om indivij Ik nodig je uit om aan dit PLN deel te nemen. Uiteraard mag je deze uitnodiging ook naar andere geinteresseerde collega's doorsturen. Als je je aanmeldt, zal ik contact met je opnemen om individueel -of met collega's van één school samen - te bespreken, waar je persoonlijk behoefte aan hebt. Beïnteresseerde collega's doorsturen. Als je je aanmeldt, zal ik contact met je opnemen om indi of met collega's van één school samen - te bespreken, waar je persoonlijk behoefte aan hebt.

Participants

- 9 teachers from 6 schools (pay)
- Before the first meeting: Phone call to get to know each teacher
 - 2 very experienced (> 25 years teaching, > 6 years QP)
 - 2 unexperienced (never had taught QP)
 - 5 teachers experienced but want to improve their teaching



1	Introduction, exchange, inventory of wishes
2	
3	
4	
5	
6	
7	

The protagonists

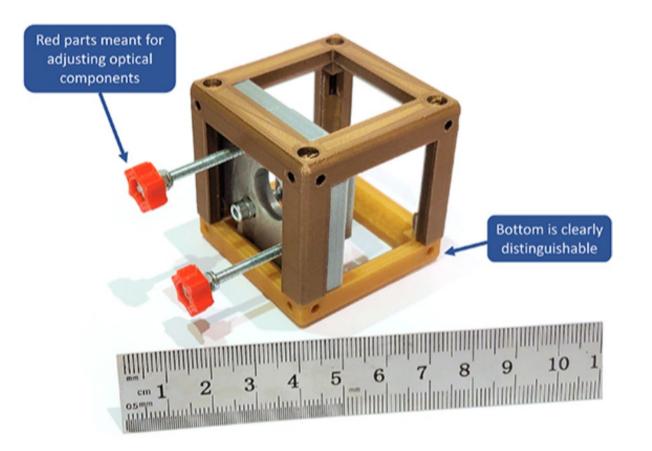




1	Introduction, exchange, inventory of wishes
2	Testing quantum experiments
3	
4	
5	
6	
7	



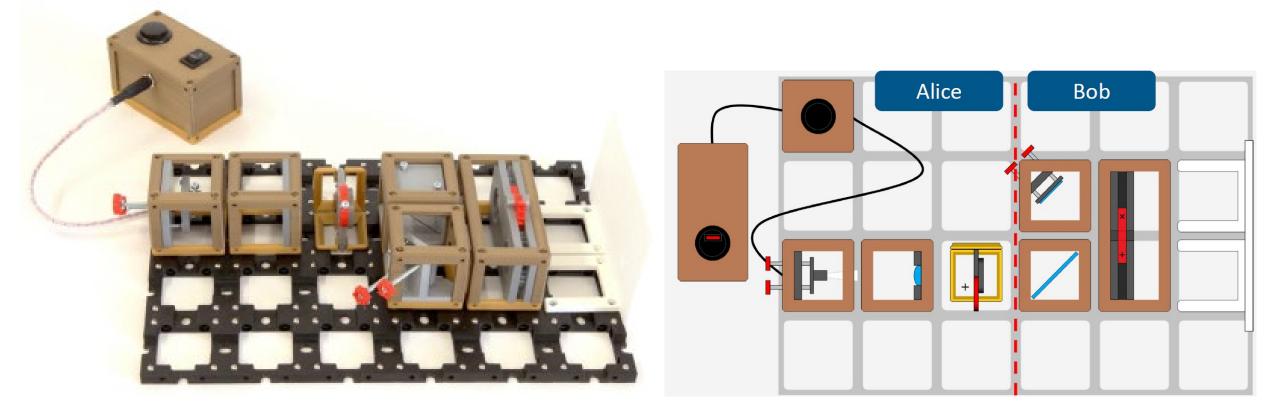
3d-printed experimental setup



Haverkamp, N., Pusch, A., Heusler, S., & Gregor, M. (2022). A simple modular kit for various wave optic experiments using 3D printed cubes for education. *Physics Education*, *57*(2), 025019.

Cryptography (BB84-protocol)

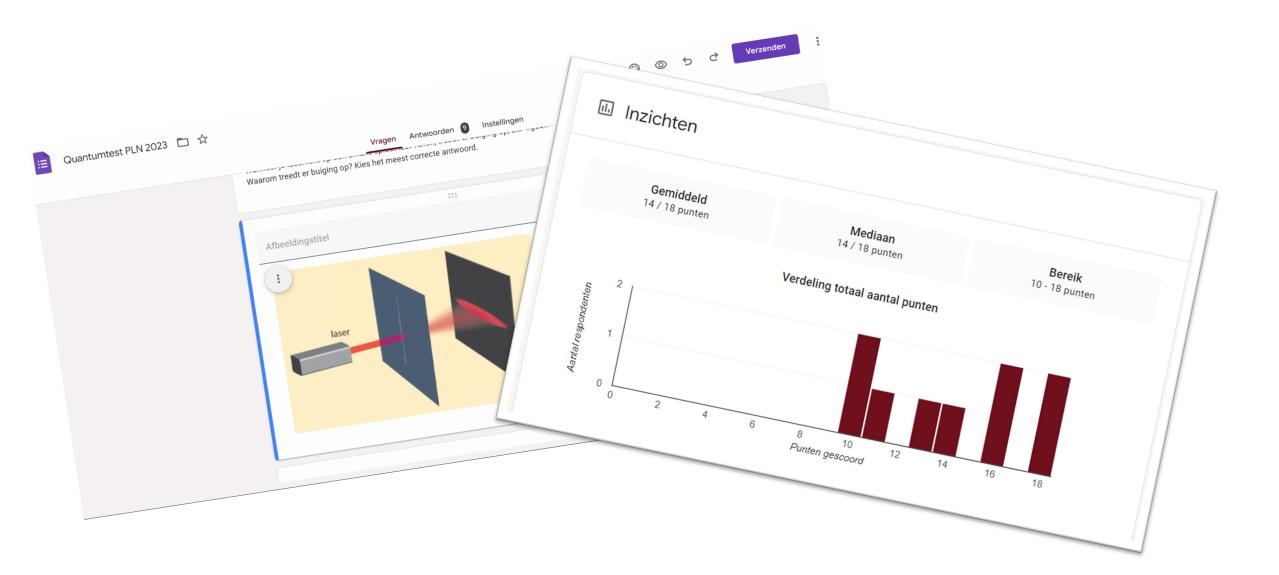
Even more 'real' but still a simulation you can play with.



Niels Haverkamp, Alexander Pusch https://physikkommunizieren.de/3d-druck/o3q-optic-cubes-bb84/



1	Introduction, exchange, inventory of wishes
2	Testing quantum experiments
3	Quantum concept test, demo and discuss Kirsten's teaching materials
4	
5	
6	
7	





1	Introduction, exchange, inventory of wishes
2	Testing quantum experiments
3	Quantum concept test, demo and discuss Kirsten's teaching materials
4	Discuss the new exam topics 2025 (band structure, bandgap,)
5	
6	
7	

Isolator - halfgeleider - geleider

Isolator:

valentieband vol, geleidingsband leeg, band gap groot

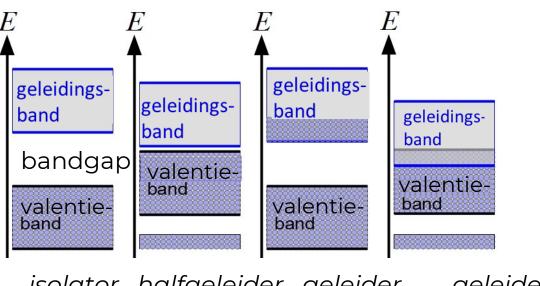
Halfgeleider:

valentieband vol, geleidingsband leeg, band gap klein

Geleider:

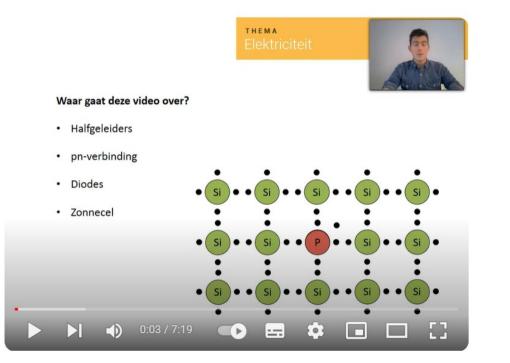
valentieband vol, geleidingsband deels gevuld, of overlap valentieband en geleidingsband



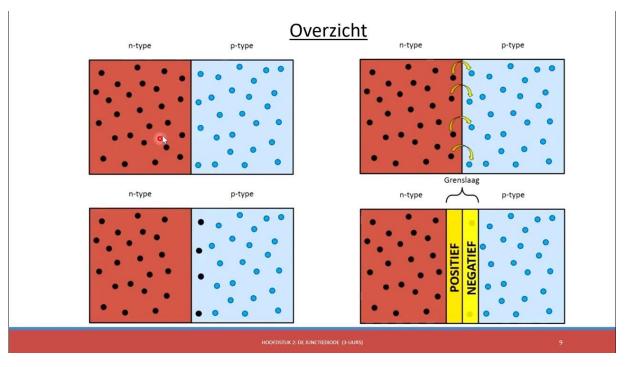


isolator halfgeleider geleider geleider

Halfgeleiders en pn-verbindingen

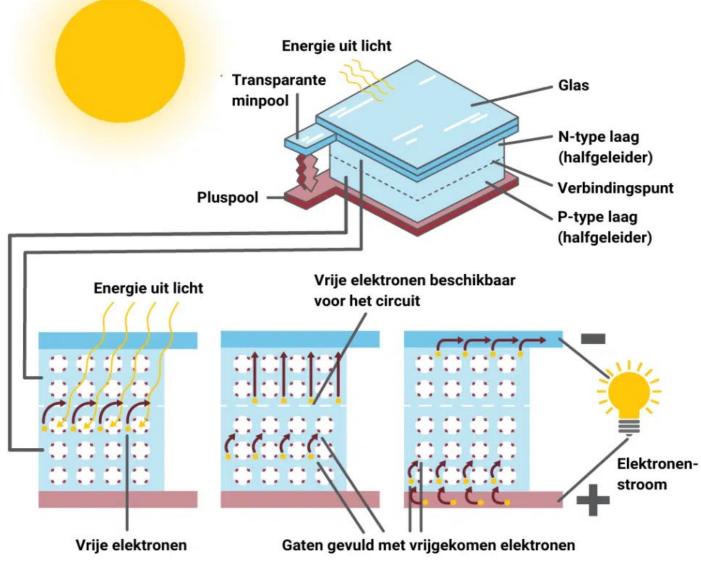


https://www.youtube.com/watch?v=Xh u7NzRpgCU&ab_channel=JeroenBruijs tens



https://www.youtube.com/watch?v=_hun1hCl1 mA&ab_channel=ThomasGoossens

zonnecel



Source: U.S. Energy Information Administration



1	Introduction, exchange, inventory of wishes
2	Testing quantum experiments
3	Quantum concept test, demo and discuss Kirsten's teaching materials
4	Discuss the new exam topics 2025 (band structure, bandgap,)
5	Q-lab experiments: double slit, spectra of dyes, hydrogen spectrum, Planck's constant with LEDs, FE effect, electron bending at graphite lattice.
6	
7	



1	Introduction, exchange, inventory of wishes
2	Testing quantum experiments
3	Quantum concept test, demo and discuss Kirsten's teaching materials
4	Discuss the new exam topics 2025 (band structure, bandgap,)
5	Q-lab experiments: double slit, spectra of dyes, hydrogen spectrum, Planck's constant with LEDs, FE effect, electron bending at graphite lattice.
6	Collaborating on our own teaching materials, comparing different textbooks
7	



1	Introduction, exchange, inventory of wishes
2	Testing quantum experiments
3	Quantum concept test, demo and discuss Kirsten's teaching materials
4	Discuss the new exam topics 2025 (band structure, bandgap,)
5	Q-lab experiments: double slit, spectra of dyes, hydrogen spectrum, Planck's constant with LEDs, FE effect, electron bending at graphite lattice.
6	Collaborating on our own teaching materials, comparing different textbooks
	Visiting Q-lab with own students, supervised by 6 UT assistants
7	





1	Introduction, exchange, inventory of wishes
2	Testing quantum experiments
3	Quantum concept test, demo and discuss Kirsten's teaching materials
4	Discuss the new exam topics 2025 (band structure, bandgap,)
5	Q-lab experiments: double slit, spectra of dyes, hydrogen spectrum, Planck's constant with LEDs, FE effect, electron bending at graphite lattice.
6	Collaborating on our own teaching materials, comparing different textbooks
	Visiting Q-lab with own students, supervised by 6 UT assistants
7	Visiting the quantum optics laboratory and semiconductor department



Evaluation

What teachers say they value most

- Flexibility/variation of the program (3x)
- Content knowledge ("I see more connections.") (5x)
- Useful and attractive teaching materials (5x)
- Discussing new exam topics (5x)
- Historical background/ stories of QP (4x)
- Develop teaching materials together (4x)
- Building network / intervision (4 x)
- Being inspired by enthusiastic teachers and researchers (2x)

Evaluation

What teachers say they will use in their lessons

- New ways of presenting/explaining (6x)
- Useful and attractive teaching materials (4x)
- Feeling of competence (3x)
- Student practicals (3x)
- Historical background/ stories of QP (2x)
- Examples from applications/research (2x)
- Fundamental/philosophical topics (2x)

Evaluation

What teachers want

- Come back next year (8x)
- A session on entanglement (5x)
- More about semiconductors (4x)
- Discussing fundaments of QP
- Clearer homework
- Discussing different

UNIVERSITY OF TWENTE.

Questions?

Ē



References

Ē

- Penuel, W. R., Fishman, B. J., Yamaguchi, R., & Gallagher, L. P. (2007). What makes professional development effective? Strategies that foster curriculum implementation. American Educational Research Journal, 44(4), 921-958.
- Garet, M. S., Porter, A. C., Desimone, L., Birman, B. F., & Yoon, K. S. (2001). What makes professional development effective? Results from a national sample of teachers. American Educational Research Journal, 38(4), 915-945.
- Etkina, E. (2010). Pedagogical content knowledge and preparation of high school physics teachers. Physical Review Special Topics Physics Education Research, 6(2), 020110.
- Luft, J. A., & Hewson, P. W. (2014). Research on Teacher Professional Development Programs in Science. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), Handbook of Research on Science Education, Volume II (pp. 889–909). Routledge.
- Roehrig, G. (2023). Research on teacher professional development programs in science. In Handbook of research on science education (pp. 1197-1220). Routledge.
- Loucks-Horsley, S., Stiles, K. E., Mundry, S., Love, N., & Hewson, P. W. (2009). Designing professional development for teachers of science and mathematics. Corwin press.
- Darling-Hammond, L., Hyler, M. E., & Gardner, M. (2017). Effective teacher professional development.
- Poortman, C.L., C. Brown, and K. Schildkamp, Professional learning networks: a conceptual model and research opportunities. Educational Research, 2022. 64(1): p. 95-112.
- Birman, B.F., et al., Designing professional development that works. Educational leadership, 2000. 57(8): p. 28-33
- Westbroek, H., F. Janssen, and W. Doyle, Perfectly Reasonable in a Practical World: Understanding Chemistry Teacher Responses to a Change Proposal. Research in Science Education, 2017. 47(6): p. 1403-1423