platform wiskunde nederland

in nauwe samenwerking met Platform Wiskunde Vlaanderen

Priemgetallen

Vakantiecursus 2023

Antwerpen, 25 en 26 augustus 2023

Amsterdam, 1 en 2 september 2023

Vakantiecursus 2023

Voor leraren in de exacte vakken aan havo-, vwo-, hbo-leerlingen en andere belangstellenden organiseert het Platform Wiskunde Nederland (PWN), voor het eerst in nauwe samenwerking met het Platform Wiskunde Vlaanderen (PWV), in 2023 een vakantiecursus met als thema:

“Priemgetallen”

Ook dit jaar betreft het een tweedaagse cursus, **vrijdag 25 augustus** en **zaterdag 26 augustus** op de universiteit van Antwerpen (Campus Groenenborger) en op **vrijdag 1 september** en **zaterdag 2 september** op het CWI in Amsterdam (de routebeschrijvingen staan aan het einde van deze brochure).

De cursus is voor wiskundedocenten van elk niveau toegankelijk. Deelnemers ontvangen bij aanvang van de cursus een syllabus met teksten van de voordrachten. Het cursusgeld bedraagt €99. Voor studenten van lerarenopleidingen is het cursusgeld slechts €39. Voor gepensioneerden geldt een speciaal tarief van €55.

Bij de cursus is inbegrepen een warme maaltijd op vrijdag en een lunch op zaterdag.

Aanmelding

Aanmelding voor deelname aan de cursus kan:

- door het aanmeldingsformulier achter in deze brochure in te vullen en vóór 1 augustus 2023 op te sturen aan PWN;
- via de website van Platform Wiskunde Nederland: http://www.platformwiskunde.nl/vakantiecursus waar een online registratieformulier ingevuld en opgestuurd kan worden, eveneens vóór 1 augustus 2023.

Deze cursus geldt als nascholingsactiviteit. Voor geïnteresseerden is een nascholingscertificaat beschikbaar. Degene die daar prijs op stelt, gelieve het betreffende vakje aan te kruisen op het aanmeldingsformulier. Omdat zaken rondom “Register Leraar” momenteel aan verandering onderhevig zijn, is het mogelijk dat er een andere wijze van registratie plaatsvindt.

Sponsoring

Deze cursus wordt mede mogelijk gemaakt door een subsidie van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO), en een bijdrage van 4TU.AMI, het toegepaste wiskunde instituut van de 3 Nederlandse technische universiteiten alsmede de universiteit van Wageningen. Organisatie vindt plaats in samenwerking met het Centrum Wiskunde & Informatica (CWI), de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e) en de Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraren.

NWO
Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek

CWI

Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraren

Universiteit Antwerpen

Voorlopig Programma

Antwerpen: vrijdag 25 en zaterdag 26 augustus
Amsterdam: vrijdag 1 en zaterdag 2 september

Wijzigingen voorbehouden

vrijdag

15.00-15.30	Ontvangst, koffie
15.30-15.35	Welkomstwoord
15.35-16.20	Frits Beukers: Kennismaking met priemgetallen
16.20-16.45	Pauze
16.45-17:30	Frits Beukers: Middelbare school-methoden
17.30-18.30	Diner
18.30-19.15	Frits Beukers: Priemtesten, deel I
19.15-19.45	Pauze
19.45-20.30	Roland van der Veen: Priemgetallen volgens de zeta-functie, deel I

zaterdag

09.30-10.00	Ontvangst, koffie
10.00-10.45	Frits Beukers: Priemtesten, deel II
10.45-11.15	Pauze
11.15-12.00	Benne de Weger: Priemgetal-heuristiek
12.00-13.00	Lunch
13.00-13.45	Frits Beukers: Priemgetal-formules
13.45-14.30	Roland van der Veen: Priemgetallen volgens de zeta-functie, deel II
14.30	Afsluiting

Voorwoord

De vakantiecursus voor wiskundeleraren is al sinds 1946 een begrip in Nederland. Dit jaar zal de vakantiecursus voor wiskundeleraren voor het eerst ook plaatsvinden in Vlaanderen, en wel in Antwerpen. Dit is mede te danken aan de oprichting van het Platform Wiskunde Vlaanderen (PWV) in 2021. PWN en PWV werken op verschillende fronten samen, onder andere bij de zeer succesvolle rondreizende tentoonstelling ‘’Imaginary – pracht en kracht van wiskunde’’. Het samen organiseren van de vakantiecursus is weer een nieuw aspect in deze samenwerking, en we hopen in de toekomst op nog meer fronten samen te kunnen werken, o.a. gesterkt door het feit dat we dezelfde taal spreken. Er kwamen altijd al wel Vlaamse leraren naar de vakantiecursus in Nederland, we hopen dit jaar een groter aantal Vlaamse wiskundeleraren (en andere geïnteresseerden) te kunnen begroeten.

Docenten

Frits Beukers (hoofddocent)
Gepensioneerd hoogleraar getaltheorie aan de Universiteit van Utrecht. Schrijver van onder anderen het boek Getaltheorie, een inleiding, Epsilon uitgaven.
Email: fritsbeukers@gmail.com

Roland van der Veen
Universitair docent aan de Rijksuniversiteit Groningen. Zijn boek De Riemann-hypothese: een miljoenenprobleem (met Jan van de Craats) won de Beckenbachprijs van de Mathematical Association of America voor het toegankelijk maken voor scholieren van deze complexe materie.
Email: r.i.van.der.veen@rug.nl

Benne de Weger
Universitair hoofddocent aan de Technische Universiteit Eindhoven. Auteur van het boek Elementaire getaltheorie en asymmetrische cryptografie, Epsilon uitgaven.
Email: b.m.m.d.weger@tue.nl

Tot slot

We hopen weer veel wiskundeleraren te mogen verwelkomen op een inspirerende vakantiecursus 2023!

Platform Wiskunde Nederland,
Wil Schilders, voorzitter programma comité VC 2023,
mede namens Giovanni Samaey, voorzitter Platform Wiskunde Vlaanderen

INLEIDING

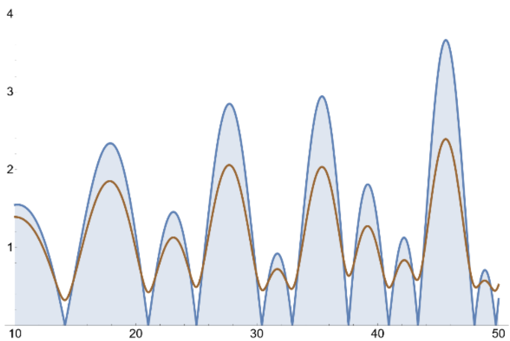
Deze cursus is geheel gewijd aan de wereld van de priemgetallen, waarvan we hier de eerste 50 opschrijven:

2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31, 37, 41, 43, 47, 53, 59, 61, 67, 71, 73, 79, 83, 89, 97, 101, 103, 107, 109, 113, 127, 131, 137, 139, 149, 151, 157, 163, 167, 173, 179, 181, 191, 193, 197, 199, 211, 223, 227, 229, ...

Door de eeuwen heen heeft deze oneindig doorlopende rij de nieuwsgierigheid gewekt van wiskundigen, zowel professioneel als liefhebber, die geprobeerd hebben om er patronen in te ontdekken. Helaas tevergeefs. Ook andere klassieke vragen zijn tot nu toe onopgelost. Zoals de vraag of ieder even getal ≥4 te schrijven is als som van twee priemgetallen (Goldbach vermoeden). Of de vraag of er oneindig veel paren priemgetallen van de vorm n,n+2 bestaan (priemtweeling vermoeden). Ondanks deze weerbarstigheid van het onderwerp priemgetallen is er de afgelopen tweehonderd jaar toch langzaam maar zeker vooruitgang geboekt in onze kennis. Zeker de afgelopen twee decennia zijn we getuige geweest van ontwikkelingen die we lange tijd niet voor mogelijk hadden gehouden. Zoals het werk van Yitang Zhang uit 2014 dat een heel eind richting priemtweeling vermoeden gaat, of het werk van Terence Tao en Ben Green uit 2004 dat aantoont dat de rij priemgetallen rekenkundige rijen van willekeurige lengte bevat.

Een bijzondere ontwikkeling uit 1859 is de vondst van Bernhard Riemann dat de globale verdeling van de priemgetallen gedicteerd wordt door de nulpunten van een complexe functie, de zogenaamde Riemann zeta-functie. Deze vondst is inspiratie geweest voor de titel van het meeslepend geschreven boek Music of the Primes van Marcus du Sautoy.

In deze cursus geven we een overzicht van wat de grote vragen op priemgetalgebied zijn en wat de belangrijke resultaten zijn. Veel recente vereisen geavanceerde technieken waar wij niet op in zullen gaan. Wel besteden we expliciet aandacht aan resultaten die met middelbare schoolmethoden aangepakt kunnen worden. En we kijken naar vragen als 'wat is het grootst bekende priemgetal?' of 'hoe test je of een gegeven getal van 1000 cijfers een priemgetal is of niet'. Tenslotte gaan we in op die geheimzinnige zeta-functie van Riemann die de globale verdeling van de priemgetallen beheerst.



Gecombineerde grafiek van $|\zeta(1+it)|$ en $|\zeta(1/2+it)|$ voor $10 < t < 50$, waarbij $\zeta(\mathrm{x})$ de Riemann zeta-functie is.

Kennismaking met priemgetallen

Frits Beukers

Zoals we allemaal weten is een priemgetal een geheel getal groter dan 1 dat alleen door 1 en zichzelf deelbaar is. Ook weten we dat er oneindig veel priemgetallen zijn. Meestal is dat 'van horen zeggen', maar tijdens deze cursus zullen we een aantal manieren zien om een echt bewijs te leveren. Dan rijst de vraag 'hoeveel priemgetallen zijn er ?'. Daartoe voeren we de priemtelfunctie $\pi(x)$ in. Dit is het aantal priemgetallen kleiner of gelijk aan x. Ondanks het grillige gedrag van de priemgetallen lijkt de grafiek van $\pi(x)$ erg sterk op de mooie gladde grafiek van de functie $x/\ln x$. Het aantonen van deze relatie heeft een grote rol gespeeld in de getaltheorie. Tijdens de diverse onderdelen van de cursus komen we daar uitgebreid op terug.

Behalve het globale gedrag van $\pi(x)$ zijn er ook andere vragen die betrekking hebben op de lokale verdeling. Eén daarvan is de eeuwenoude vraag of er oneindig veel priemtweelingen bestaan. Dat zijn paren priemgetallen die 2 verschillen, zoals 17,19 en 59,61. Het antwoord is zeer waarschijnlijk 'ja', maar een bewijs daarvoor ontbreekt nog altijd. Wel heeft in 2014 Yitang Zhang een spectaculaire vooruitgang geboekt. Nauw verwant is er sinds 1742 het bekende Goldbach vermoeden dat zegt dat elk even getal groter of gelijk 4 geschreven kan worden als som van twee priemgetallen. Zeer waarschijnlijk ook waar, maar ook hier geldt dat ondanks de meest geavanceerde technieken er nog geen bewijs in zicht is. Tijdens deze kennismaking gaan we dieper in op dit soort vermoedens, en ook resultaten.

Middelbare school-methoden

Frits Beukers

Bij de kennismaking heeft u begrepen dat veel moderne resultaten uit de priemgetaltheorie tot stand komen door geavanceerde technieken zoals de zeefmethoden, cirkelmethode en complexe analyse. Tijdens deze cursus zullen wij hier begrijpelijkerwijs niet op ingaan. Gelukkig blijven er ook leuke resultaten over, die je met behulp van middelbare school-methoden kunt bereiken. Het is daarbij wel handig om enige kennis van het modulo-rekenen (klokrekenen) te hebben. Dat is niet moeilijk, maar je kunt er verrassend veel mee doen. Mocht u niet met het modulo-rekenen bekend zijn, dan is er ter voorbereiding een kleine introductie beschikbaar op https://www.platformwiskunde.nl/vakantiecursus/. Zeer aanbevolen! Tijdens dit onderdeel willen wij u zelf ook aan het werk zetten.

Priemtesten (deel I en II)

Frits Beukers

Stel, u krijgt de vraag of het getal

41206829246722409930529586729445413728472565292961

al of niet priem is. De methode die bijna iedereen hiervoor kent is de volgende. Kijk of de getallen 2,3,5 enzovoort, tot aan de wortel van het gegeven getal een deler zijn. Zo zou je het ook met een getal als 131 doen. Uiteraard gaat het ditmaal met de computer. Als we zo'n deler niet vinden dan is het getal priem. Stel dat elke deelpoging 10-9 seconde (één nanoseconde) duurt. Een eenvoudige berekening leert dat we in het ongunstigste geval ongeveer 65 miljoen jaar bezig zijn. Gelukkig kan het slimmer aangepakt worden. In dit onderdeel zullen we kennismaken met methoden waarmee we op de computer in enkele seconden bovenstaand soort vragen kunnen beantwoorden.

We zullen kennismaken met zogenaamde polynomiale algoritmen en priemgetallen genereren die in de cryptografie gebruikt worden. Ook nemen we een kijkje bij de recordpogingen om het grootst bekende priemgetal te vinden.

Daarbij zullen we het computerprogramma PARI gebruiken, een soort Zwitsers mes voor de getaltheoreticus. Er zitten buitengewoon veel mogelijkheden op, is gratis en zeer eenvoudig te installeren. Er is ook een mogelijkheid om het online te gebruiken. Van de enorme hoeveelheid commando's zullen wij er slechts een paar gebruiken, namelijk '`isprime`', '`nextprime`' en '`factor`'. Zie https://www.platformwiskunde.nl/vakantiecursus/ om alvast een kijkje te nemen. U wordt aangeraden voor deze presentaties zelf een laptop of tablet mee te nemen. Dan kunt u volop mee doen door zelf PARI te gebruiken, hetzij online, hetzij door zelf te installeren.

Priemgetal-heuristiek

Benne de Weger

Heuristiek in de wiskunde is zoiets als 'wiskunde zonder bewijzen maar vast wel waar'. Het Griekse 'heuristein' betekent 'vinden' (denk aan 'Eureka'); heuristiek is dan zoiets als 'de kunst van het vinden'. Je zou kunnen zeggen: een 'educated guess', met de nadruk op 'educated'. Zeker in de getaltheorie hangt dat dikwijls samen met 'probabilistische' redeneringen: voor een getaltheoretische vraag waar exacte redeneringen niet goed mogelijk zijn (zoals het aantal priemgetallen in een interval) neem je een kansmodel aan, en dan laat je er kansrekening op los om tot benaderingen te komen. En dan maar hopen dat het een beetje klopt.

De basis van 'priemgetalheuristieken is vaak de al genoemde ‘Priemgetalstelling’ die de relatie tussen $\pi(x)$ en $x/\ln x$ geeft . Let wel: dat is een echte stelling, geen heuristiek! Maar de uitspraak die die stelling doet is asymptotisch: het gaat over een limiet voor x naar oneindig (namelijk $\lim_{x\to\infty} \pi(x)/(x/\ln x) = 1$), en dat geeft geen exacte informatie over eindige intervallen. Maar je kunt er wel een heuristiek van maken door te denken dat de benadering $\pi(x) \sim x/\ln x$ vast wel een heel aardig idee gaat geven, ook voor eindige x.

Hier kansrekening van maken is, met een kleine gedachtensprong, niet zo moeilijk. De priemgetalstelling kun je zo interpreteren: de kans dat een willekeurig getal x priem is, is vrijwel $1/\ln x$. En: hoe groter x, des te beter zal het kloppen.

We zullen met deze kans-argumenten nu wat verder gaan. Wat denkt u dat de kans is dat een willekeurig getal p de eerste is van een priemtweeling $p, p+2$? Het antwoord is subtieler dan u misschien in eerste instantie denkt. Kunnen we daarmee een asymptotische formule afleiden voor de "priemtweelingtelfunctie: het aantal priemtweelingen kleiner dan x? En is die experimenteel te verifiëren?

Ook gaan we met deze heuristische methode andere problemen bekijken, zoals de verdeling van priemgetallen over congruentieklassen (zoals $1 \pmod 4$ of $3 \pmod 4$, of algemeen: $a \pmod n$), daar komen we ook weer vreemde verrassingen tegen; het aantal getallen van n bits dat geschikt is als RSA-modulus (een cryptografische toepassing), en het aantal Alda-priemgetallen $\leq x$ (een soort priemgetallen dat bedacht is door mijn echtgenote Alda).

Priemgetal-formules

Frits Beukers

Een veelgestelde vraag is of er een formule bestaat waarmee je priemgetallen kunt genereren. Een kort en bondig antwoord is dat zulke formules wel bekend zijn, maar dat je er in de praktijk helemaal niets aan hebt. Intussen is het wel interessant om erover na te denken. De waarde van het polynoom $x^2 - x + 41$ is voor $x = 1,2,\ldots,41$ een priemgetal. Maar bij $x = 41$ niet meer. Met eenvoudige modulo rekening zullen we zien dat dit altijd zo gaat, elk niet-constant polynoom heeft oneindig veel waarden die niet priem zijn. Polynomen (veeltermen) kunnen dus geen dienst doen als priemgenerator. In dat kader is het ook interessant om je af te vragen of een polynoom oneindig veel priemwaarden kan aannemen.

Tenslotte bespreken we twee wonderbaarlijke methoden die in principe priemwaarden opleveren, maar volkomen onbruikbaar zijn. De eerste is het bestaan van een reëel getal $A > 1$ zó dat de gehele afronding naar beneden van A tot de macht 3^n priem is voor elk geheel getal $n \geq 1$. Helaas is er geen formule voor A. De tweede 'methode' is het bestaan van een expliciet polynoom in 26 variabelen waarvan de positieve waarden altijd priem zijn. Helaas hebben de negatieve waarden de overhand. Het bestaan van zo'n polynoom is het gevolg van een diep resultaat uit de mathematische logica.

Priemgetallen volgens de zeta-functie (deel I en II)

Roland van der Veen

Een van de beroemdste problemen van de wiskunde is de Riemann-hypothese. Het is een vermoeden over de nulpunten van de zeta-functie

$$\zeta(x) = 1 + \frac{1}{2^x} + \frac{1}{3^x} + \cdots$$

Wat heeft de Riemann-hypothese met priemgetallen te maken? We zullen zien dat de zetfa-functie een genererende functie is voor de rij van priemgetallen. Door zelf aan de slag te gaan met genererende functies in het algemeen en de zeta-functie in het bijzonder, brengen we de Riemann-hypothese tot leven.

De filosofie van genererende functies is dat een rij getallen $a_0, a_1, a_2, \ldots$ vaak beter tot zijn recht komt als je de getallen combineert tot een enkele functie $G(x)$. Zo een functie G heet een genererende functie van de rij getallen en het bekendste type is de machtreeks $G(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \cdots$. Soms is er een verrassend simpele formule voor G waaruit de eigenschappen van de onderliggende rij $a_0, a_1, a_2, \ldots$ gemakkelijk af te leiden zijn. Bovendien is G een functie zodat we technieken uit de calculus en analyse kunnen proberen toe te passen. De nulpunten van de genererende functie G spelen een cruciale rol. Zeker als we complexe getallen toelaten liggen veel functies volledig vast als we de nulpunten kennen door factorizatie. Eigenschappen van de nulpunten van G kunnen dan worden vertaald in eigenschappen van onze rij $a_0, a_1, a_2, \ldots$

Voordat we op zoek gaan naar genererende functies voor de priemgetallen proberen we deze filosofie eerst uit op eenvoudigere rijen getallen. Nemen we bijvoorbeeld de Fibonaccigetallen $0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, \ldots$ gedefineerd door $f_0 = 0, f_1 = 1$ en $f_{n+2} = f_{n+1} + f_n$ dan is $G(x) = x + x^2 + 2x^2 + 3x^3 + 5x^4 + \cdots$ een geschikte genererende functie. We zullen zien dat $(1 - x - x^2)G(x) = x$ en dus $G(x) = \frac{x}{1-x-x^2}$. Ontbinden in factoren en breuksplitsen van G brengt een nog eenvoudigere formule waaruit we direct de eigenschappen en zelfs een expliciete formule voor de Fibonaccigetallen uit afleiden. In die formule spelen de nulpunten van het polynoom $1 - x - x^2$ de hoofdrol.

Onderweg komen we vanzelf complexe getallen tegen. Hadden we bijvoorbeeld een rij getallen a_n gedefinieerd door de recursie $a_{n+2} = a_{n+1} - a_n$ dan was de bovenstaande genererende functie $G(x) = \frac{x}{1-x+x^2}$ geworden en konden we niet meer factorizeren en breuksplitsen zonder complex te werken.

Oneindige producten komen ook aan bod omdat veel genererende functies nu eenmaal oneindig veel nulpunten hebben. Zo hebben we bijvoorbeeld de ontbinding van de sinusfunctie

$$\sin(x) = x \prod_{k=1}^{\infty} (1 - \frac{x^2}{\pi^2 k^2}).$$

Passen we al deze technieken toe op het geval van de zeta-functie dan komen we uit op een verfijning van de priemgetalstelling. Het verschil tussen de priemtelfunctie $\pi(x)$ en de voorspelde $x/\ln x$ wordt gegeven door de nulpunten van de zeta-functie. Vandaar dat het belangrijk is om te weten waar die nulpunten liggen.

Cursusgeld
Het cursusgeld bedraagt €99, waarbij de syllabus en de maaltijden zijn inbegrepen. Voor studenten aan lerarenopleidingen bedraagt het cursusgeld €39, terwijl voor gepensioneerden een gereduceerd tarief geldt van €55.

Aanmelding
Via de website: http://www.platformwiskunde.nl/vakantiecursus of per post door het aanmeldingsformulier achterin de brochure in te vullen en op te sturen naar:

Platform Wiskunde Nederland
o.v.v. Vakantiecursus 2023
Science Park 123
1098 XG Amsterdam

Tegelijkertijd dient men het cursusgeld over te maken op bankrekening **NL95INGB0005864482** van de Stichting Platform Wiskunde Nederland onder vermelding van uw naam en VC2023.

Onze buitenlandse gasten kunnen voor betaling gebruik maken van onderstaande gegevens.

BANK	ING BANK N.V.
BIC	INGBNL2A
IBAN	NL95INGB0005864482

NB. Deze cursus geldt als nascholingsactiviteit
Voor geïnteresseerden is een nascholingscertificaat beschikbaar. Degene die daarop prijs stelt, gelieve dit bij aanmelding te laten weten door aankruising van het betreffende vakje op het aanmeldingsformulier.

Plaats(en)
Antwerpen: Universiteit Antwerpen, Campus Groenenborger, zaal G.T.138

Amsterdam: CWI, Turingzaal, Science Park 123.

Syllabus
De syllabus zal worden uitgereikt bij aankomst op de cursus.

Informatie
Voor nadere informatie over de Vakantiecursus kunt u zich wenden tot het bureau van Platform Wiskunde Nederland, via het mailadres:
vakantiecursus@platformwiskunde.nl

Contactinformatie

Bureau PWN, 020 – 592 4006; e-mail: vakantiecursus@platformwiskunde.nl;

Platform Wiskunde Nederland, Science Park 123, 1098 XG Amsterdam

Docenten

Prof. dr. F. Beukers, fritsbeukers@gmail.com

Dr. R. I. van der Veen, RU Groningen, Nijenborgh 9, 9747 AG Groningen, r.i.van.der.veen@rug.nl

Dr. B.M.M. de Weger, TU Eindhoven, Postbus 513, 5600 MB, Eindhoven, b.m.m.d.weger@tue.nl

Routebeschrijvingen

Universiteit Antwerpen, Campus Groenenborger, zaal G.T.138

Voor een plattegrond van de campus, routebeschrijvingen en informatie over parkeren zie:
https://www.uantwerpen.be/nl/overuantwerpen/campussen/campus-groenenborger/

CWI Amsterdam

Voor routebeschrijvingen zie: https://www.cwi.nl/nl/over/contact/

Parkeren: Op het terrein van het CWI is betaald parkeren van kracht. Bij het oprijden moet u een parkeerkaart trekken. Gelieve deze inrijkaart te bewaren,
U ontvangt van de contactpersoon bij de ingang een uitrijkaart. Bij het uitrijden steekt u eerst de inrijkaart in, deze komt terug, en daarna steekt u de uitrijkaart in, waarna de slagboom omhoog gaat.

AANMELDINGSFORMULIER VAKANTIECURSUS 2023

'Priemgetallen'

Ondergetekende,

Naam:

Adres:

Postcode:

Woonplaats:

Geboortedatum:

Telefoon:

E-mail:

wenst deel te nemen aan de Vakantiecursus 2023 op de locatie

Antwerpen op vr. 25 en za. 26 augustus 2023 [ ]

Amsterdam op vr. 1 en za. 2 september 2023 [ ]

en heeft het verschuldigde bedrag van €99,- (dan wel €39,- of €55) overgemaakt (voor rekeningnummer zie pagina 11).

Mijn voorkeur gaat uit naar vegetarisch eten [ ]

Ik heb een bepaalde allergie [ ]

Indien ja, aub de dieetwensen mailen naar vakantiecursus@platformwiskunde.nl

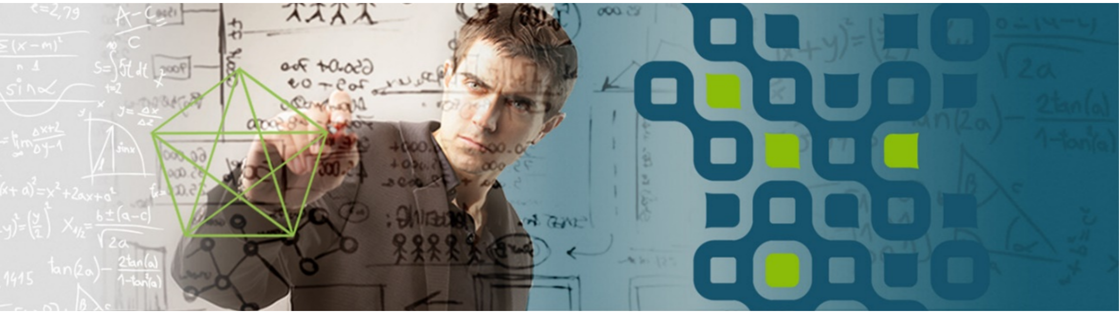
Nascholingscertificaat [ ]

Indien van toepassing, hier het adres van de onderwijsinstelling vermelden:

....

Gelieve dit formulier vóór 1 augustus 2023 te sturen naar:

Platform Wiskunde Nederland
o.v.v. Vakantiecursus 2023
Science Park 123
1098 XG Amsterdam



Voor wie is PWN interessant?

Beroepswiskundigen

Wiskundeleraren

Bedrijven

Leerlingen en studenten

Breed publiek

Platform Wiskunde Nederland is hét landelijke loket voor alles wat met wiskunde te maken heeft.

PWN behartigt de belangen van, en fungeert als spreekbuis voor, de gehele Nederlandse wiskunde.

Platform Wiskunde Nederland | Science Park 123 | kamer L013 | 1098 XG Amsterdam | 020 592 40 06

Ga voor meer informatie naar:
www.platformwiskunde.nl

platform
wiskunde nederland