

# Examenprogramma informatica havo/vwo

## Het eindexamen

Het eindexamen bestaat uit het schoolexamen.

## Het schoolexamen

Het schoolexamen heeft betrekking op:

- het gehele domein A in combinatie met:
- de domeinen B tot en met F;
- (*in het havo-programma:*) een keuze van één domein uit de domeinen G tot en met N en een keuze van één domein uit de domeinen O tot en met R; daarbij kan het bevoegd gezag deze keuze maken, dan wel de keuze aan de kandidaat laten;
- (*in het vwo-programma:*) een keuze van vier domeinen uit de domeinen G tot en met R, waarvan minimaal één domein uit de domeinen G tot en met N en minimaal één domein uit de domeinen O tot en met R; daarbij kan het bevoegd gezag deze keuze maken, dan wel de keuze aan de kandidaat laten;
- indien het bevoegd gezag daarvoor kiest, andere vakonderdelen, die per kandidaat kunnen verschillen.

## De examenstof

### I. Kernprogramma

#### Domein A: Vaardigheden

##### Algemene vaardigheden

##### Subdomein A1: Informatievaardigheden gebruiken

1. De kandidaat kan doelgericht informatie zoeken, beoordelen, selecteren en verwerken.

##### Subdomein A2: Communiceren

2. De kandidaat kan adequaat schriftelijk, mondeling en digitaal in het publieke domein communiceren over informatica gerelateerde onderwerpen.

##### Subdomein A3: Reflecteren op leren

3. De kandidaat kan bij het verwerven van vakkennis en vakvaardigheden reflecteren op eigen belangstelling, motivatie en leerproces.

##### Subdomein A4: Oriënteren op studie en beroep

4. De kandidaat kan aangeven op welke wijze informaticakennis in studie en beroep wordt gebruikt en kan mede op basis daarvan de eigen belangstelling voor studies en beroepen onder woorden brengen.

#### Wetenschappelijke vaardigheden

##### Subdomein A5: Onderzoeken

5. De kandidaat kan
  - (*in het havo-programma:*) in contexten instructies voor onderzoek op basis van vraagstellingen uitvoeren en conclusies trekken uit de onderzoeksresultaten. De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen.
  - (*in het vwo-programma:*) in contexten vraagstellingen analyseren, gebruik makend van relevante begrippen en theorie, vertalen in een vakspecifiek onderzoek, dat onderzoek uitvoeren, en uit de onderzoeksresultaten conclusies trekken. De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen.

##### Subdomein A6: Modelleren

6. De kandidaat kan in contexten een relevant probleem analyseren, inperken tot een hanteerbaar probleem, vertalen naar een model, modeluitkomsten genereren en interpreteren, en het model toetsen en beoordelen. De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen.

##### Subdomein A7: Waarderen en oordelen

7. De kandidaat kan in contexten een beargumenteerd oordeel geven over een situatie in de praktijk of een technische toepassing, en daarin onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten, normatieve maatschappelijke overwegingen en persoonlijke opvattingen.

### **Informatica-specifieke vaardigheden**

#### **Subdomein A8: Ontwerpen en ontwikkelen**

8. De kandidaat kan in een context mogelijkheden zien voor het inzetten van digitale artefacten, deze mogelijkheden vertalen tot een doelstelling voor ontwerp en ontwikkeling, daarbij technische factoren, omgevingsfactoren en menselijke factoren betrekken, wensen en eisen specificeren en deze op haalbaarheid toetsen, een digitaal artefact ontwerpen, bij het ontwerp van een digitaal artefact keuzes afwegen via onderzoeken en experimenteren, een digitaal artefact implementeren, en de kwaliteit van digitale artefacten evalueren, en deze vaardigheden in samenhang inzetten voor het ontwikkelen van digitale artefacten.

#### **Subdomein A9: Informatica hanteren als perspectief**

9. De kandidaat kan in contexten verschijnselen duiden, uitleggen en verklaren in termen van informatica, informatica-concepten herkennen en met elkaar in verband brengen, en mogelijkheden en beperkingen van digitale artefacten inschatten en beredeneren in vaktermen.

#### **Subdomein A10: Samenwerken en interdisciplinariteit**

10. De kandidaat kan bij het ontwerpen en ontwikkelen van digitale artefacten op een gestructureerde wijze samenwerken in een team, en samenwerken met mensen afkomstig uit een toepassingsgebied.

#### **Subdomein A11: Ethisch handelen**

11. De kandidaat kan beschrijven welke ethische normen en waarden een rol spelen bij het gebruik en de ontwikkeling van digitale artefacten, het eigen handelen expliciet vergelijken met ethische richtlijnen, (*in het vwo-programma:*) en het eigen handelen kritisch analyseren en relateren aan ethische dilemma's.

#### **Subdomein A12: Informatica-instrumentarium hanteren**

12. De kandidaat kan voor de informatica relevante gereedschappen hanteren, waar nodig met aandacht voor risico's en veiligheid; daarbij gaat het om (computer)apparatuur, besturingssystemen, applicaties, vaktaal, vakconventies en formalismen.

#### **Subdomein A13: Werken in contexten**

13. De kandidaat kan de in domein A genoemde vaardigheden en de in domeinen B tot en met F, en in de gekozen domeinen uit G tot en met R, genoemde concepten ten minste gebruiken in beroepscontexten, in maatschappelijke contexten (*in het vwo-programma:*) en in wetenschappelijke contexten.

### **Domein B: Grondslagen**

#### **Subdomein B1: Algoritmen**

14. De kandidaat kan een oplossingsrichting voor een probleem uitwerken tot een algoritme, daarbij standaardalgoritmen herkennen en gebruiken, en de correctheid en efficiëntie van digitale artefacten onderzoeken via de achterliggende algoritmen.

#### **Subdomein B2: Datastructuren**

15. De kandidaat kan verschillende abstracte datastructuren met elkaar vergelijken op elegantie en efficiëntie.

#### **Subdomein B3: Automaten**

16. De kandidaat kan eindige automaten gebruiken voor de karakterisering van bepaalde algoritmen.

#### **Subdomein B4: Grammatica's**

17. De kandidaat kan grammatica's hanteren als hulpmiddel bij de beschrijving van talen.

### **Domein C: Informatie**

#### **Subdomein C1: Doelstellingen**

18. De kandidaat kan doelstellingen voor informatie- en gegevensverwerking onderscheiden, waaronder *zoeken* en *bewerken*.

#### **Subdomein C2: Identificeren**

19. De kandidaat kan informatie en gegevens identificeren in contexten, daarbij rekening houdend met de doelstelling.

### **Subdomein C3: Representeren**

20. De kandidaat kan gegevens representeren in een geschikte datastructuur, daarbij rekening houdend met de doelstelling, en kan daarbij verschillende representaties met elkaar vergelijken op elegantie, efficiëntie en implementeerbaarheid.

### **Subdomein C4: Standaardrepresentaties**

21. De kandidaat kan standaardrepresentaties van numerieke gegevens en media gebruiken en aan elkaar relateren.

### **Subdomein C5: Gestructureerde data**

22. De kandidaat kan een informatiebehoefte vertalen in een zoekopdracht op een verzameling gestructureerde data.

## **Domein D: Programmeren**

### **Subdomein D1: Ontwikkelen**

23. De kandidaat kan, voor een gegeven doelstelling, programmacomponenten ontwikkelen in een imperatieve programmeertaal, daarbij programmeertaalconstructies gebruiken die abstractie ondersteunen, en programmacomponenten zodanig structureren dat ze door anderen gemakkelijk te begrijpen en te evalueren zijn.

### **Subdomein D2: Inspecteren en aanpassen**

24. De kandidaat kan structuur en werking van gegeven programmacomponenten uitleggen, en zulke programmacomponenten aanpassen op basis van evaluatie of veranderde eisen.

## **Domein E: Architectuur**

### **Subdomein E1: Decompositie**

25. De kandidaat kan de structuur en werking van digitale artefacten uitleggen aan de hand van architectuurelementen, dat wil zeggen in termen van de niveaulagen *fysiek*, *logisch* en *toepassingen*, en in termen van de componenten in deze lagen en hun onderlinge interactie.

### **Subdomein E2: Security**

26. De kandidaat kan enkele security-bedreigingen en veelgebruikte technische maatregelen benoemen en relateren aan architectuurelementen.

## **Domein F: Interactie**

### **Subdomein F1: Usability**

27. De kandidaat kan gebruikersinterfaces van digitale artefacten evalueren aan de hand van heuristieken, en vuistregels van *goed ontwerp* met betrekking tot interfaces toepassen bij ontwerp en ontwikkeling van digitale artefacten.

### **Subdomein F2: Maatschappelijke aspecten**

28. De kandidaat kan de invloed van digitale artefacten op sociale interactie en persoonlijke levenssfeer herkennen en in historisch perspectief plaatsen.

### **Subdomein F3: Privacy**

29. De kandidaat kan redeneren over de gevolgen van de veranderende mogelijkheden van digitale artefacten op de persoonlijke vrijheid.

### **Subdomein F4: Security**

30. De kandidaat kan enkele security-bedreigingen en veelgebruikte socio-technische maatregelen benoemen en deze relateren aan sociale en menselijke factoren.

## **II. Keuzethema's**

## **Domein G: Keuzethema Algoritmiek, berekenbaarheid en logica**

### **Subdomein G1: Complexiteit van algoritmen**

31. De kandidaat kan

- (*in het havo-programma:*) van gegeven algoritmen de complexiteit vergelijken, en kan klassieke 'moeilijke' problemen herkennen en benoemen.
- (*in het vwo-programma:*) het verschil tussen exponentiële en polynomiale complexiteit uitleggen, kan algoritmen op basis hiervan onderscheiden, en kan klassieke 'moeilijke' problemen herkennen en benoemen.

**Subdomein G2: Berekenbaarheid**

32. De kandidaat kan berekeningen op verschillende abstractieniveaus karakteriseren en relateren, en kan klassieke *onberekenbare* problemen herkennen en benoemen.

**Subdomein G3: Logica**

33. De kandidaat kan eigenschappen van digitale artefacten uitdrukken in logische formules.

**Domein H: Keuzethema Databases**

**Subdomein H1: Informatiemodellering**

34. De kandidaat kan een informatiemodel opstellen voor een eenvoudige praktische situatie en aan de hand hiervan een database definiëren.

**Subdomein H2: Database paradigma's**

35. De kandidaat kan naast het relationele paradigma tenminste één ander database-paradigma beschrijven en kan voor een concrete toepassing de geschiktheid van de betreffende paradigma's afwegen.

**Subdomein H3: Linked data**

36. De kandidaat kan in een toepassing data uit verschillende databases (databronnen) met elkaar in verband brengen.

**Domein I: Keuzethema Cognitive computing**

**Subdomein I1: Intelligent gedrag**

37. De kandidaat kan de processen die nodig zijn voor *intelligent* gedrag beschrijven en kan analyseren hoe deze processen in de informatica ingezet kunnen worden bij het ontwikkelen van digitale artefacten.

**Subdomein I2: Kenmerken cognitive computing**

38. De kandidaat kan de belangrijkste kenmerken van cognitive computingsystemen uitleggen, en het verschil met traditionele digitale artefacten aangeven en kan van een probleem aangeven of de oplossing ervan zich leent voor een cognitive computing-aanpak.

**Subdomein I3: Toepassen van cognitive computing**

39. De kandidaat kan een eenvoudige toepassing realiseren met één of meer van de methodes en technologieën uit de cognitive computing.

**Domein J: Keuzethema Programmeerparadigma's**

**Subdomein J1: Alternatief programmeerparadigma**

40. De kandidaat kan van minimaal één extra programmeerparadigma de kenmerken beschrijven en kan programma's volgens dat paradigma ontwikkelen en evalueren.

**Subdomein J2: Keuze van een programmeerparadigma**

41. De kandidaat kan voor een gegeven probleem een afweging maken tussen paradigma's voor het oplossen ervan.

**Domein K: Keuzethema Computerarchitectuur**

**Subdomein K1: Booleaanse algebra**

42. De kandidaat kan rekenen met formules in Booleaanse algebra.

**Subdomein K2: Digitale schakelingen**

43. De kandidaat kan eenvoudige digitale schakelingen op bit-niveau construeren.

**Subdomein K3: Machinetaal**

44. De kandidaat kan een eenvoudig programma in machinetaal schrijven aan de hand van de beschrijving van een instructieset-architectuur.

**Subdomein K4: Variatie in computerarchitectuur**

45. De kandidaat kan variatie in computerarchitectuur verklaren in termen van technologische ontwikkelingen en toepassingsdomeinen

**Domein L: Keuzethema Netwerken**

**Subdomein L1: Netwerkcommunicatie**

46. De kandidaat kan de manier waarop netwerkcomponenten met elkaar communiceren beschrijven en analyseren, en kan schalingseffecten bij communicatie herkennen, er voorbeelden van geven en de gevolgen ervan uitleggen.

**Subdomein L2: Internet**

47. De kandidaat kan de basisprincipes van het internet als netwerk uitleggen en aangeven welke gevolgen dit heeft voor toepassingen en voor gebruikers.

**Subdomein L3: Distributie**

48. De kandidaat kan vormen van samenwerking en verdeling van functies en gegevens in netwerken beschrijven.

**Subdomein L4: Netwerksecurity**

49. De kandidaat kan gevaren van inbreuk op gedistribueerde functies en gegevens analyseren, en maatregelen adviseren die deze inbreuk tegengaan.

**Domein M: Keuzethema Physical computing**

**Subdomein M1: Sensoren en actuatoren**

50. De kandidaat kan sensoren en actuatoren waarmee een computersysteem de fysieke omgeving kan waarnemen en aansturen herkennen en functioneel beschrijven.

**Subdomein M2: Ontwikkeling physical computing componenten**

51. De kandidaat kan fysieke systemen en processen modelleren met het oog op *real time* besturingsaspecten en kan met behulp van deze modellen, sensoren en actuatoren een computersysteem ontwikkelen om fysieke systemen en processen te bewaken en besturen.

**Domein N: Keuzethema Security**

**Subdomein N1: Risicoanalyse**

52. De kandidaat kan risico's, bedreigingen en kwetsbaarheden in een ict-toepassing analyseren en kan daarbij zowel technische als menselijke factoren betrekken.

**Subdomein N2: Maatregelen**

53. De kandidaat kan keuzen voor technische en organisatorische maatregelen ter vergroting van de security verklaren.

**Domein O: Keuzethema Usability**

**Subdomein O1: Gebruikersinterfaces**

54. De kandidaat kan de werking van gebruikersinterfaces beschrijven en verklaren aan de hand van cognitieve en biologische modellen.

**Subdomein O2: Gebruikersonderzoek**

55. De kandidaat kan gebruikersinterfaces van digitale artefacten evalueren via gebruikersonderzoek.

**Subdomein O3: Ontwerp**

56. De kandidaat kan elementen van een gebruikersinterface ontwerpen.

**Domein P: Keuzethema User Experience**

**Subdomein P1: Analyse**

57. De kandidaat kan de relatie tussen ontwerpkeuzes van een interactief digitaal artefact en de verwachte cognitieve, gedragsmatige en affectieve veranderingen of ervaringen verklaren.

**Subdomein P2: Ontwerp**

58. De kandidaat kan voor een digitaal artefact de gebruikersinteractie vormgeven, de ontwerpbeslissingen verantwoorden en voor een eenvoudige toepassing implementeren.

**Domein Q: Keuzethema Maatschappelijke en individuele invloed van informatica**

**Subdomein Q1: Maatschappelijke invloed**

59. De kandidaat kan positieve en negatieve effecten van informatica en de genetwerkte samenleving op individueel en sociaal leven verklaren en voorspellen.

**Subdomein Q2: Juridische aspecten**

60. De kandidaat kan juridische aspecten van de toepassing van informatica in de samenleving analyseren.

**Subdomein Q3: Privacy**

61. De kandidaat kan effecten van technische, juridische en sociale maatregelen voor privacy-gerelateerde kwesties onderzoeken.

**Subdomein Q4: Cultuur**

62. De kandidaat kan redeneren over de invloed van informatica op culturele uitingen.

**Domein R: Keuzethema Computational Science**

**Subdomein R1: Modelleren**

63. De kandidaat kan aspecten van een andere wetenschappelijke discipline modelleren in computationele termen.

**Subdomein R2: Simuleren**

64. De kandidaat kan modellen en simulaties construeren en gebruiken voor het onderzoeken van verschijnselen in die andere wetenschap.