

Examination / Tentamen
Introduction to Earth Observation (AE2–E02)
Faculty of Aerospace Engineering
Delft University of Technology

29-08-2005, 14:00–17:00

ANSWERS INCLUDED AT END

Please read these instructions first:

This exam contains 23 multiple-choice questions. Please mark one answer per question on the 'Four Choice Response Form'. *If you want to correct your answer, mark a new box and draw a cross through the originally marked box.* In case of more corrections per answer it is recommended to ask for a new form, since the forms are processed automatically. Answers which are left blank will be considered as wrong answers! **Beware that the order of the answers on the response form is different for every question!**

Do not forget to write down your **name** and **7-digit student number**. Also mark your student number in the corresponding boxes. If this information is missing, the exam result is invalid! Finally sign the form.

Use of the book of Rees (2001), hard copies of the additional lecture notes on reference systems and potential fields (8–11) and sea floor mapping (16), and a pocket calculator are allowed. You are **not** allowed to use hard copies of the lecture slides.

Good luck!

S.v.p. eerst deze instructies lezen:

Dit tentamen bestaat uit 23 meerkeuzevragen. S.v.p. één antwoord per vraag op het 'Vierkeuze antwoordformulier' markeren. *Indien u een antwoord wilt corrigeren, markeer een nieuw vakje en zet een kruis door het oorspronkelijke gemarkeerde vakje.* Bij meerdere correcties per antwoord is het verstandig om een geheel nieuw antwoordformulier te vragen aangezien de formulieren automatisch worden verwerkt! Blanco antwoorden worden als foute antwoorden geïnterpreteerd! **Let op dat de volgorde van de antwoorden verschilt per vraag!**

Vergeet niet om uw **naam** en **7-cijferig studienummer** in te vullen. Het studienummer dient ook ingevuld te worden door de corresponderende vakjes zwart te maken. Indien deze informatie wordt vergeten is het tentamenresultaat ongeldig! Zet tot slot uw handtekening op het formulier.

Gebruik van Rees (2001), de hand-outs behorend bij de colleges over referentiesystemen en potentiaalvelden (8–11) en sea-floor mapping zijn toegestaan, evenals een zakrekenmachine. Het is **niet** toegestaan kopieën van sheets of ander materiaal te gebruiken.

Succes!

Question 1

Last week (25 August 2005) heavy floodings of rivers caused significant problems in central Europe, e.g., southern Germany. If rivers are flooding and it is raining most of the time, which satellite sensor is preferable to monitor the extent of the flooding?

- a) Thermal infrared imagers
- b) Imaging radar (SAR)
- c) Radar altimetry
- d) Visible and near-infrared imagers

Question 2

Normal (theoretical) gravity does **not** depend on

- a) the Earth's flattening
- b) the Earth's internal density distribution
- c) the Earth's rotation rate
- d) the latitude and height of the station

Question 3

Which one of the following techniques **cannot** be used for determining the precise orientation of an EO platform?

- a) gyroscopes
- b) single GPS antenna
- c) multiple GPS antenna array
- d) magnetic compass

Question 4

The intersatellite ranging system between the two GRACE satellites has an estimated precision of $1 \mu\text{m/s} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$. This means that we can derive gravitational potential differences between the two satellite positions with a precision of about

- a) $> 1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}^2$
- b) $1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}^2$
- c) $1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$
- d) $< 1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}^2$

Vraag 1

Afgelopen week (25 augustus 2005) veroorzaakten zware overstromingen van rivieren grote problemen in midden-Europa, met name zuid-Duitsland. Wanneer rivieren overstroomden en het nagenoeg onafgebroken regent, welke satelliet sensor is dan het best geschikt om de omvang van de overstromde gebieden te bepalen.

- a) Thermisch infrarood sensoren
- b) Beeldvormende radar (SAR)
- c) Radar altimetrie
- d) Zichtbaar licht en nabij-infrarood sensoren

Vraag 2

(Theoretische) normaal zwaartekracht is **onafhankelijk** van

- a) de afplatting van de Aarde
- b) de interne massaverdeling van de Aarde
- c) de rotatiesnelheid van de aarde
- d) de breedtegraad en hoogte van het station

Vraag 3

Welke van de volgende technieken **kan** niet worden gebruikt voor het bepalen van de exacte oriëntatie van een AO platform

- a) gyroscopen
- b) enkelvoudige GPS antenne
- c) meervoudige GPS antenne configuratie
- d) magnetisch kompas

Vraag 4

Het afstandsbepalingsstelsel tussen de twee GRACE satellieten heeft een geschatte precisie van $1 \mu\text{m/s} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$. Dit betekent dat we gravitatiepotentiaalverschillen tussen de twee satellieten kunnen bepalen met een precisie van ongeveer

- a) $> 1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}^2$
- b) $1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}^2$
- c) $1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2$
- d) $< 1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}^2$

Question 5

The magnitude $|\nabla\Phi|$ of the Earth's centrifugal force, on ground level and at co-latitude 48° , is about

- a) 2507 mGal
- b) 2578 mGal
- c) 2613 mGal
- d) 2652 mGal

Question 6

Level 0 data, in the common understanding, are

- a) raw, unprocessed instrument data
- b) calibrated, cleaned, checked data in engineering units
- c) calibrated, cleaned, checked data in science units
- d) derived geophysical models

Question 7

Airborne gravimetry reaches a typical accuracy of about 2 mGal. Flying at 500 m altitude over the ocean, can we identify the gravity signal of a seamount of 2 km height and 100 km^2 base at 500 m depth (take 1000 m as the distance airplane – center-of-mass seamount; and 1670 kg/m^2 as density contrast)?

- a) yes, the signal is about $500\times$ larger than the noise
- b) yes, the signal is about $5\times$ larger than the noise
- c) maybe, the signal is as large as the noise
- d) no, the signal is about $500\times$ smaller than the noise

Question 8

The dominating part of the Earth's main magnetic field is the

- a) monopole (degree $l=0$)
- b) dipole (degree $l=1$)
- c) quadrupole (degree $l=2$)
- d) octopole (degree $l=3$)

Vraag 5

De sterkte $|\nabla\Phi|$ van de middelpuntvliedende (centrifugale) kracht van de aarde, op grondniveau en op 48° co-latitude, is ongeveer

- a) 2507 mGal
- b) 2578 mGal
- c) 2613 mGal
- d) 2652 mGal

Vraag 6

Wat wordt er in het algemeen bedoeld met *Level 0* gegevens?

- a) ruwe, onbewerkte instrumentgegevens
- b) gecalibreerde, opgeschoonde en gecontroleerde gegevens in technische eenheden
- c) gecalibreerde, opgeschoonde en gecontroleerde gegevens in wetenschappelijke eenheden
- d) afgeleide geofysische modellen

Vraag 7

Vliegtuiggravimetrie heeft een nauwkeurigheid van ongeveer 2 mGal. Kunnen we vliend over de oceaan op een hoogte van 500 m het gravitatie-signaal van een onderzeese berg van 2 km hoog met een voet van 100 km^2 op 500 m diepte onderscheiden (neem 1000 m als afstand tussen het massamiddelpunt van de berg en het vliegtuig, en 1670 kg/m^2 als dichtheidscontrast)?

- a) ja, het signaal is ongeveer $500\times$ groter dan de ruis
- b) ja, het signaal is ongeveer $5\times$ groter dan de ruis
- c) misschien, het signaal is even groot als de ruis
- d) nee, het signaal is ongeveer $500\times$ kleiner dan de ruis

Vraag 8

Het dominante gedeelte van het aardsmagnetisch veld (main field) is de

- a) monopool (graad $l=0$)
- b) dipool (graad $l=1$)
- c) quadrupool (graad $l=2$)
- d) octopool (graad $l=3$)

Question 9

The integral of the square of the spherical harmonic function \bar{Y}_{20}^c , evaluated over the unit sphere, is

- a) 0
- b) 1
- c) 4π
- d) ∞

Question 10

Electromagnetic energy passing through a uniform homogeneous medium is absorbed if and only if

- a) the relative magnetic permeability equals 1
- b) the absorption length equals 0
- c) the dielectric constant is a complex number
- d) in any of the other three mentioned situations

Question 11

At the surface of a black body:

- a) the radiant exitance is smaller than the irradiance
- b) the radiant exitance is equal to the irradiance
- c) the radiant exitance is larger than the irradiance
- d) the radiant exitance does not depend on the irradiance

Question 12

Randomly polarized radiation incident on a boundary at a certain angle will be reflected:

- a) vertically polarized when the angle is smaller than Brewster's angle
- b) vertically polarized when the angle is equal to Brewster's angle
- c) randomly polarized when the angle is equal to Brewster's angle
- d) none of the other three options is true

Vraag 9

De integraal, genomen over de eenheidsbol, van het kwadraat van de bolfunctie \bar{Y}_{20}^c is

- a) 0
- b) 1
- c) 4π
- d) ∞

Vraag 10

Electromagnetische energie wordt in een uniform homogeen medium geabsorbeerd dan en slechts dan wanneer

- a) de relatieve magnetische permeabiliteit gelijk aan 1 is
- b) de absorptielengte gelijk aan 0 is
- c) de diëlectrische constante een complex getal is
- d) in alle drie de overige genoemde gevallen

Vraag 11

Aan het oppervlak van een *black body*:

- a) is de radiant exitance (uittredende straling) kleiner dan de irradiantie
- b) is de radiant exitance gelijk aan de irradiantie
- c) is de radiant exitance groter dan de irradiantie
- d) hangt de radiant exitance niet af van de irradiantie

Vraag 12

Willekeurig ("random") gepolariseerde straling die onder een bepaalde hoek op een grensvlak valt is na reflectie:

- a) verticaal gepolariseerd indien de hoek kleiner is dan de hoek van Brewster
- b) verticaal gepolariseerd indien de hoek gelijk is aan de hoek van Brewster
- c) random gepolariseerd indien de hoek gelijk is aan de hoek van Brewster
- d) geen van overige alternatieven is juist

Question 13

The Thematic Mapper (TM) instrument in some of the Landsat satellites has a spatial resolution of 30 m in the VIR bands, and of 120 m in the TIR band. The reason for this difference is:

- a) The objective lens diameter would need to be much larger in order to obtain 30 m for TIR as well
- b) There is no need to measure thermal objects (heat sources) with such a high resolution
- c) TIR image can also be recorded at night
- d) The TIR sensor responds quicker than the VIR sensors

Question 14

Using aerial stereophotography, recorded under favorable circumstances with standard equipment from 1 km altitude, height accuracies can be obtained in the order of

- a) 10 cm
- b) 1 m
- c) 10 m
- d) any desired accuracy can be obtained by choosing an appropriate base-height ratio

Question 15

Resolutions and accuracies of laser altimeters depend on footprint size and sampling interval (the distance between successive measurements). To use a sampling interval that is significantly smaller than the given footprint size:

- a) can give a better spatial resolution
- b) can give a better accuracy
- c) does not make sense, since it generates more data, but not more information
- d) is technically impossible

Vraag 13

Het Thematic Mapper (TM) instrument aan boord van een aantal Landsat-satellieten heeft een ruimtelijke resolutie van 30 m voor de VIR-banden en van 120 m voor de TIR-band. De reden voor dit verschil is:

- a) The diameter van het objectief zou veel groter moeten zijn om ook voor TIR 30 m resolutie te kunnen bereiken
- b) Er is geen noodzaak om thermische objecten (warmtebronnen) met zo'n hoge resolutie te meten
- c) TIR-beelden kunnen ook 's nachts opgenomen worden
- d) De TIR-sensor reageert sneller dan de VIR-sensoren

Vraag 14

Gebruik makend van stereofotografie, dat onder gunstige omstandigheden en met gebruikelijke apparatuur van 1 km hoogte wordt toegepast, kan een hoogtenauwkeurigheid bereikt worden in de orde van

- a) 10 cm
- b) 1 m
- c) 10 m
- d) elke gewenste nauwkeurigheid kan gehaald worden door de juiste basis-hoogteverhouding te kiezen

Vraag 15

De resolutie en de nauwkeurigheid van een laser altimeter hangt af van de grootte van footprint en van het bemonsteringsinterval (de afstand tussen opeenvolgende metingen). Om bij een (gegeven) footprint-grootte een significant kleiner bemonsteringsinterval te gebruiken:

- a) kan tot een betere ruimtelijke resolutie leiden
- b) kan tot een betere nauwkeurigheid leiden
- c) heeft geen zin, want het genereert meer gegevens maar niet meer informatie
- d) is technisch onmogelijk

Question 16

Using a simple optical imaging system (visible light), we want to obtain a spatial resolution sufficient to resolve a beer cap (≈ 2 cm) from an altitude of 500 km. What would be the diameter of the lens needed?

- a) approx. 15 cm
- b) approx. 1.5 m
- c) approx. 15 m
- d) approx. 150 m

Question 17

Synoptic observations

- a) are instantaneous observations over large areas
- b) are instantaneous observations over small, localized areas
- c) are time-averaged observations over large areas
- d) are time-averaged observations over small, localized areas

Question 18

Which of the following sensors is likely to contain the most mechanical parts?

- a) a nadir sensor
- b) satellite-to-satellite tracking
- c) a pushbroom sensor
- d) a whiskbroom sensor

Question 19

A (pulse-limited) altimeter is to be flown at 950 km altitude. What pulse length should be used, to generate a footprint radius of 750 m?

- a) 1 ns
- b) 2 ns
- c) 3 ns
- d) 4 ns

Vraag 16

Gebruik makend van een eenvoudig optisch beeldvormend systeem (zichtbaar licht), wil men een ruimtelijke resolutie behalen gelijk aan de grootte van een bierdopje (≈ 2 cm) vanaf een hoogte van 500 km. Welke diameter zou de lens van dit systeem moeten hebben?

- a) ca. 15 cm
- b) ca. 1.5 m
- c) ca. 15 m
- d) ca. 150 m

Vraag 17

Synoptische waarnemingen

- a) zijn instantane waarnemingen over grote gebieden
- b) zijn instantane waarnemingen over kleine, gelocaliseerde gebieden
- c) zijn tijd-gemiddelde waarnemingen over grote gebieden
- d) zijn tijd-gemiddelde waarnemingen over kleine, gelocaliseerde gebieden

Vraag 18

Welke van de volgende sensoren heeft naar alle waarschijnlijkheid de meeste mechanische onderdelen?

- a) een nadir sensor
- b) satellite-to-satellite tracking
- c) een *pushbroom* sensor
- d) een *whiskbroom* sensor

Vraag 19

Een (puls-gelimiteerde) hoogtemeter zal gaan vliegen op een hoogte van 950 km. Welke pulslengte moet er gebruikt worden om een 'footprint' te genereren met een straal van 750 m?

- a) 1 ns
- b) 2 ns
- c) 3 ns
- d) 4 ns

Question 20

In SAR interferometry, two complex SAR images are combined to retrieve information on the topography and deformation of the earth. Suppose the complex observations of a particular point in the two images are $c_1 = 3 + 2i$ and $c_2 = 5 + 3i$, what is the corresponding interferometric phase?

- a) 1°
- b) 3°
- c) 15°
- d) 65°

Question 21

Which of the following techniques is **not** able to create a model of terrain elevation?

- a) laser altimetry
- b) radar altimetry
- c) stereo photogrammetry
- d) SAR interferometry

Question 22

Firn is

- a) a special type of snow
- b) a special type of phytoplankton
- c) an ocean wave with a long (km) wavelength
- d) ocean waves with a short (mm) wavelength

Question 23

Given an object at 310 K with an emissivity of 0.8. Calculate the power received by a passive antenna with a receiver bandwidth of 2 GHz. (Boltzmann's constant is $1.38 \cdot 10^{-23}$)

- a) $7 \cdot 10^{-9}$ W
- b) $7 \cdot 10^{-10}$ W
- c) $7 \cdot 10^{-11}$ W
- d) $7 \cdot 10^{-12}$ W

Vraag 20

Bij SAR interferometrie worden twee complexe SAR beelden gecombineerd om informatie over de topografie en deformatie van de aarde in te winnen. Stel dat de complexe waarnemingen van de twee beelden voor een bepaald punt $c_1 = 3 + 2i$ en $c_2 = 5 + 3i$ zijn, wat is dan de corresponderende interferometrische fase?

- a) 1°
- b) 3°
- c) 15°
- d) 65°

Vraag 21

Welke van de volgende technieken kan **niet** worden gebruikt om een hoogtemodel van het terrein te vervaardigen?

- a) laser altimetrie
- b) radar altimetrie
- c) stereo fotogrammetrie
- d) SAR interferometrie

Vraag 22

Firn is

- a) een speciaal type sneeuw
- b) een speciaal type fytoplankton
- c) een oceaangolf met een lange (km) golflengte
- d) oceaangolven met een korte (mm) golflengte

Vraag 23

Gegeven een object van 310 K met een emissiviteit van 0.8. Bereken de energie ontvangen door een passieve antenne met een ontvanger bandbreedte van 2 GHz. (De constante van Boltzmann is $1.38 \cdot 10^{-23}$)

- a) $7 \cdot 10^{-9}$ W
 - b) $7 \cdot 10^{-10}$ W
 - c) $7 \cdot 10^{-11}$ W
 - d) $7 \cdot 10^{-12}$ W
-

Finished?

Check list:

- Verify your results: beware of the changing order of answers on the forms!
- fill in NAME (Naam)
- fill in StudentNumber (write and check boxes!)
- Sign the form ("handtekening")

Klaar?

Check list:

- Controleer uw antwoorden: let op dat de volgorde van de antwoordmogelijkheden verschilt per vraag!
- Vul uw naam in
- Vul uw StudentNumber in (handgeschreven en maak de hokjes zwart!)
- Plaats uw handtekening

Correct answers of examination AE2-E02, 29-08-2005

1 b

2 b

3 b

4 b

5 a

6 a

7 a

8 b

9 c

10 c

11 d

12 d

13 a

14 b

15 b

16 c

17 a

18 d

19 b

20 b

21 b

22 a

23 d