

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

06-07-2006, 9:00–12:00

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. Please note that the order of the a-b-c-d options differs for every question on the response form.

Do not forget to write down your **name** and **7-digit student number**. Also mark your student number in the corresponding boxes. If the student number 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! Merk op dat de volgorde van de a-b-c-d opties in het antwoordformulier verschilt per vraag.

Vergeet niet om uw **naam** en **7-cijferig studienummer** te noteren, dit laatste ook door de vakjes eronder zwart te maken. Indien het studienummer ontbreekt 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

At UT 0h 0m 0s, a LEO satellite has a TRS position (in m) of $x = -1141129.88$, $y = 2572524.93$, $z = 6162293.58$. For that time of the year, the sun's declination is about $\delta = -14.37^\circ$. Neglect E . The sub-satellite point, at ground level, is

- a) in daylight, sun's elevation less than 30°
- b) in daylight, sun's elevation between 30° and 60°
- c) in daylight, sun's elevation above 60°
- d) in darkness (nighttime)

Question 2

The GPS system utilizes two frequencies, $\lambda_1 = 19$ cm (L1-frequency) and $\lambda_2 = 24$ cm (L2-frequency). This allows to separate the ionospheric signal delay $\frac{A}{f^2}$, which depends on the frequency as follows

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{c_{\text{vac}}} + \frac{A}{f^2}$$

For $\Delta t_{L1} - \Delta t_{L2} = 1 \cdot 10^{-8}$ s (corresponding to 3 m path length), how big is the constant A ?

- a) about 4 (MHz)²s
- b) about 0.04 (MHz)²s
- c) about $4 \cdot 10^{-4}$ (MHz)²s
- d) 0 (zero)

Question 3

The dominating part of the Earth's gravitational potential field is the

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

Vraag 1

Om UT 0:00:00 heeft een LEO satelliet een TRS positie (in m) van $x = -1141129.88$, $y = 2572524.93$, $z = 6162293.58$. In die tijd van het jaar heeft de zon een declinatie van ongeveer $\delta = -14.37^\circ$. E kan worden verwaarloosd. Het punt op de grond onder de satelliet is

- a) in daglicht, zonselevatie minder dan 30°
- b) in daglicht, zonselevatie tussen 30° en 60°
- c) in daglicht, zonselevatie meer dan 60°
- d) in het donker ('s nachts)

Vraag 2

Het GPS systeem werkt met twee frequenties: $\lambda_1 = 19$ cm (L1-frequentie) en $\lambda_2 = 24$ cm (L2-frequentie). Dit maakt het mogelijk om de ionosferische vertraging $\frac{A}{f^2}$ te elimineren. Deze hangt als volgt van de frequentie af:

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{c_{\text{vac}}} + \frac{A}{f^2}$$

Wat is de waarde van de constante A voor $\Delta t_{L1} - \Delta t_{L2} = 1 \cdot 10^{-8}$ s (overeenkomstig met padlengte van 3 m)?

- a) ca. 4 (MHz)²s
- b) ca. 0.04 (MHz)²s
- c) ca. $4 \cdot 10^{-4}$ (MHz)²s
- d) 0 (nul)

Vraag 3

Het dominerende deel van het aardse zwaartekrachtspotentiaalveld is de

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

Question 4

A skyplot is a graphical representation of a particular satellite's orbit in a local, horizontal reference system (axes = zenith, East, North). But satellite orbits are computed in the CRS system in the first place. What information is necessary to prepare a skyplot?

- a) only local time
- b) local time, the location on Earth where the skyplot is to be computed, Earth rotation parameters
- c) as in b), plus the local gravity value
- d) as in b), plus the Sun's hour angle

Question 5

An altimetry satellite possesses a repeat period of $T_p = P = 12$ days. What is the aliasing period $T_a = \frac{1}{f_a}$ caused by the M2 tide ($T = 12.42061$ hours)?

- a) 3.2 days
- b) 6.4 days
- c) 32 days
- d) 64 days

Question 6

The size of Antarctica is about $14.2 \cdot 10^{12} \text{ m}^2$. We assume a uniform snow/ice melting of the order of 0.1 m water column equivalent within n years. What would be the corresponding vertical gravity signal δg_z at satellite altitude of 450 km caused by the mass loss due to the melting?

- a) $-4.7 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- b) $-4.7 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- c) $-4.7 \cdot 10^{-7} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- d) $-4.7 \cdot 10^{-9} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Vraag 4

Een skyplot is een grafische weergave van een satellietbaan in een lokaal horizontaal referentiesysteem (assen: zenith, Oost, Noord). Maar satellietbanen worden berekend in het CRS systeem. Welke informatie is nodig om een skyplot te maken?

- a) alleen de lokale tijd
- b) de lokale tijd, de locatie op aarde waar de skyplot berekend moet worden, aardrotatie parameters
- c) als in b), plus de lokale zwaartekrachtwaarde
- d) als in b), plus de uurhoek van de zon

Vraag 5

Een altimetriesatelliet heeft een repeterende periode van $T_P = P = 12$ dagen. Wat is de periode $T_a = \frac{1}{f_a}$ waarbij aliasing optreedt veroorzaakt door het M2 getijde ($T = 12.42061$ uur)?

- a) 3.2 dagen
- b) 6.4 dagen
- c) 32 dagen
- d) 64 dagen

Vraag 6

Antarctica heeft een oppervlakte van ongeveer $14.2 \cdot 10^{12} \text{ m}^2$. We nemen aan dat sneeuw/ijs gelijkmatig smelt in de orde van 0.1 m waterkolom in n jaar. Wat is het overeenkomstige verticale zwaartekrachtssignaal δg_z op een satelliehoogte van 450 km veroorzaakt door het massaverlies als gevolg van het smelten?

- a) $-4.7 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- b) $-4.7 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- c) $-4.7 \cdot 10^{-7} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- d) $-4.7 \cdot 10^{-9} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Question 7

Measurements of the geomagnetic field are sensitive to the combined effect of all sources of the magnetic field (Earth's core, crust, magnetosphere and ionosphere, ocean). Separation (modeling) of the crustal field is possible

- a) because it is almost invariable with time (compared with the other sources)
- b) because one assumes that high-degree wavelengths (less than about 3000 km) are from the crust, and longer wavelengths originate in the core
- c) both a) and b)
- d) both a) and b), and in addition the crustal field is not harmonic

Question 8

How big is the area (in km^2) that is illuminated by a radar-altimetric pulse of 2 ns duration, emitted at satellite altitude of 1200 km

- a) 1.2 km^2
- b) 2.3 km^2
- c) 3.9 km^2
- d) 5.4 km^2

Question 9

Consider the following statement: The Doppler effect depends on who is moving, the emitter of a wave or the receiver.

- a) This is not true, only the relative speed is important
- b) This is true for sound; for light only the relative speed matters.
- c) This is true for sound; for light the difference cannot be detected.
- d) This is true for sound and for light alike.

Vraag 7

Metingen van het geomagnetische veld zijn gevoelig voor het gecombineerde effect van alle bronnen van het magnetisch veld (aardkern, aardkorst, magnetosfeer en ionosfeer, oceaan). Eliminatie (modellering) van het veld veroorzaakt door de aardkorst is mogelijk

- a) omdat het bijna onveranderlijk is in de tijd (in vergelijking met de andere bronnen)
- b) omdat men aanneemt dat de golflengtes van hoge graad (minder dan ca. 3000 km) afkomstig zijn van de aardkorst en langere golflengtes van de aardkern
- c) zowel a) als b)
- d) zowel a) als b), plus het veld veroorzaakt door de aardkorst is niet harmonisch

Vraag 8

Hoe groot is het gebied (in km^2) dat wordt verlicht door een radaraltimetriepuls met een duur van 2 ns, uitgezonden op een satelliehoogte van 1200 km?

- a) 1.2 km^2
- b) 2.3 km^2
- c) 3.9 km^2
- d) 5.4 km^2

Vraag 9

Beschouw de bewering: Het Doppler effect hangt af van wie er beweegt, de zender van een golf of de ontvanger.

- a) Dit is onjuist, alleen de relatieve snelheid is van belang
- b) Dit is juist voor geluid; voor licht is alleen de relatieve snelheid van belang
- c) Dit is juist voor geluid; voor licht is het verschil niet detecteerbaar
- d) Dit is juist voor geluid en voor licht.

Question 10

A Compact Disc (CD) can store approx. 70 minutes of music, or approx. 650 Mbytes of data. Music is stored in stereo using 65535 different amplitude levels and a frequency range of 50–20000 Hz.

- a) This is in accordance with the Nyquist sampling theorem
- b) This shows that much additional space is reserved on audio CD's for meta-information and error checking/correction
- c) This shows that advanced data compression is applied
- d) This does not apply to audio tracks on a CD, because these are not digital.

Question 11

Rees (p. 28) computes spectral irradiance of visible solar energy reaching the earth as $179 \text{ mW cm}^{-2} \mu\text{m}^{-1}$ (before entering the atmosphere). In the thermal IR part of the spectrum, at approx. $10 \mu\text{m}$, this value is:

- a) a bit smaller ($100 - 150 \text{ mW cm}^{-2} \mu\text{m}^{-1}$)
- b) more than 10 times larger ($> 2 \text{ W cm}^{-2} \mu\text{m}^{-1}$)
- c) between 10 and 100 times smaller ($2 - 20 \text{ mW cm}^{-2} \mu\text{m}^{-1}$)
- d) more than 1000 times smaller ($< 0.2 \text{ mW cm}^{-2} \mu\text{m}^{-1}$)

Question 12

Volume scattering causes (i) plants to be green and (ii) snow to be white.

- a) (i) and (ii) are true
- b) only (i) is true
- c) only (ii) is true
- d) both (i) and (ii) are false

Question 13

The maximum amount of steradians of a solid angle is

- a) $4\pi \text{ sr}$
- b) $2\pi \text{ sr}$
- c) $4\pi^2 \text{ sr}$
- d) $2\pi^2 \text{ sr}$

Vraag 10

Een Compact Disc (CD) kan ongeveer 70 minuten muziek bevatten, of ongeveer 650 Mbytes aan gegevens. Muziek wordt opgeslagen in stereo, met 65535 niveau's voor de amplitude en met een frequentiebereik van 50–20000 Hz.

- a) Dit is in overeenstemming met het sampling (bemonsterings-) theorema van Nyquist
- b) Hieruit blijkt dat veel ruimte wordt gebruikt voor meta-informatie en voor foutdetectie en -correctie
- c) Hieruit blijkt dat er een geavanceerde compressiemethode gebruikt wordt
- d) Dit gaat niet op voor audio-tracks, want die zijn niet digitaal.

Vraag 11

Rees (p. 28) berekent de spectrale irradiantie van zichtbaar zonlicht bij aankomst op aarde (buiten de atmosfeer) als $179 \text{ mW cm}^{-2} \mu\text{m}^{-1}$. In het thermisch-infrarode deel van het spectrum (bij $10 \mu\text{m}$) is deze waarde:

- a) iets kleiner ($100 - 150 \text{ mW cm}^{-2} \mu\text{m}^{-1}$)
- b) meer dan 10 keer zo groot ($> 2 \text{ W cm}^{-2} \mu\text{m}^{-1}$)
- c) 10 tot 100 keer zo klein ($2 - 20 \text{ mW cm}^{-2} \mu\text{m}^{-1}$)
- d) meer dan 1000 keer zo klein ($< 0.2 \text{ mW cm}^{-2} \mu\text{m}^{-1}$)

Vraag 12

Als gevolg van volume verstrooiing (i) zijn planten groen en (ii) is sneeuw wit.

- a) (i) en (ii) zijn beide waar
- b) alleen (i) is waar
- c) alleen (ii) is waar
- d) (i) en (ii) zijn beide niet waar

Vraag 13

Het maximum aantal steradianen van een ruimtewinkel is

- a) $4\pi \text{ sr}$
- b) $2\pi \text{ sr}$
- c) $4\pi^2 \text{ sr}$
- d) $2\pi^2 \text{ sr}$

Question 14

A remote sensing satellite is in a polar orbit at 1000 km altitude. It carries a whisk-broom scanner with a rotating mirror and it scans with an opening angle of 90° . At the center of the swath (at nadir), the spatial resolution (rezeel size) is $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ (resp. along-track and across-track). What is a good approximation of the spatial resolution near the edges (East and West) of the swath?

- a) $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$
- b) $1.5 \text{ km} \times 1.5 \text{ km}$
- c) $1.5 \text{ km} \times 1 \text{ km}$
- d) $1 \text{ km} \times 1.5 \text{ km}$

Question 15

A panchromatic sensor ($0.5 - 1 \mu\text{m}$) has an CCD-chip with 1000×1000 pixels on an area of $1 \times 1 \text{ cm}^2$. The lens of the system has a focal length of 1 m. What is a reasonable value for the diameter of the lens?

- a) 10 cm
- b) 1 m
- c) This cannot be answered, because it depends on the flying height, which may be between 100 m and 38000 km
- d) This cannot be answered, because it depends on the sensitivity of the CCD-chip.

Question 16

We would like to measure the bathymetry of an area of approximately 2 km depth with an accuracy of 5 m. Assume that the accuracy for measuring the roll of the platform is 0.5° . What is the maximum roll angle (measured from nadir) under which an acoustic multibeam system should operate?

- a) approx. 30°
- b) approx. 15°
- c) approx. 75°
- d) this depends on the velocity of the platform

Vraag 14

Een remote sensing satelliet bevindt zich in een polaire baan op 1000 km hoogte. Aan boord is een *whisk-broom* scanner met een roterende spiegel, die scant met een openingshoek van 90° . In het midden (nadir) is de ruimtelijke resolutie $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ (resp. in de vliegrichting en loodrecht erop). Wat is een goede benadering voor de ruimtelijke resolutie aan de randen van de *swath* (oost en west)?

- a) $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$
- b) $1.5 \text{ km} \times 1.5 \text{ km}$
- c) $1.5 \text{ km} \times 1 \text{ km}$
- d) $1 \text{ km} \times 1.5 \text{ km}$

Vraag 15

Een panchromatische sensor ($0.5 - 1 \mu\text{m}$) heeft een CCD-chip met 1000×1000 pixels op een oppervlak van $1 \times 1 \text{ cm}^2$. Het systeem heeft een lens met een brandpuntsafstand van 1 m. Wat is een redelijke waarde voor de doorsnede van de lens?

- a) 10 cm
- b) 1 m
- c) Dat kan niet beantwoord worden zonder dat de vlieghoogte bekend is. Deze kan tussen 100 m en 38000 km liggen.
- d) Dit kan niet beantwoord worden, want het hangt af van de gevoeligheid van de CCD-chip.

Vraag 16

Men wil de bathymetrie van een gebied met een diepte van ca. 2 km bepalen met een nauwkeurigheid van 5 m. Neem aan dat de nauwkeurigheid van de rolhoekbepaling 0.5° is. Wat is de maximale rolhoek (gemeten vanuit nadir) waaronder een akoestisch multibeamsysteem zou moeten werken?

- a) ca. 30°
- b) ca. 15°
- c) ca. 75°
- d) dit is afhankelijk van de snelheid van het platform

Question 17

Along-track resolution of a satellite microwave system can be optimized by

- a) spatial averaging
- b) yaw steering
- c) aperture synthesis
- d) radiometric averaging

Question 18

Mastermind.

We list four **concepts** related to the cryosphere: (A) firn, (B) nilas, (C) ablation, and (D) polynya. Each of these concepts is related to one of the following six **topics**:

- i) mass balance
- ii) permafrost
- iii) snow
- iv) new ice
- v) albedo
- vi) sea ice

A student answers this question with:

A-iv; B-vi; C-ii; D-iii. This student selected

- a) 1 correct topic to a correct concept;
2 correct topics but to wrong concepts, and
1 wrong topic
- b) 1 correct topic to a correct concept;
1 correct topic but to a wrong concept, and
2 wrong topics
- c) 3 correct topics to correct concepts;
0 correct topics to wrong concepts, and
1 wrong topic
- d) 0 correct topics to correct concepts;
3 correct topics but to wrong concepts, and
1 wrong topic

Vraag 17

De *along-track* resolutie van een satelliet microgolf systeem kan worden geoptimaliseerd door middel van

- a) ruimtelijk middelen
- b) gierhoek sturing
- c) apertuur synthese
- d) radiometrisch middelen

Vraag 18

Mastermind.

Vier **begrippen** gerelateerd aan de cryosfeer zijn (A) *firn*, (B) *nilas*, (C) *ablatie*, en (D) *polynya*. Elk van deze begrippen is gerelateerd aan één van de volgende zes **onderwerpen**:

- i) massabalans
- ii) permafrost
- iii) sneeuw
- iv) nieuw ijs
- v) albedo
- vi) zee-ijs

Een student beantwoordt deze vraag met:

A-iv; B-vi; C-ii; D-iii. Deze student heeft

- a) 1 juist onderwerpen bij het juiste begrip;
2 juiste onderwerpen maar bij onjuiste begrippen, en
1 onjuist onderwerp
- b) 1 juist onderwerp bij het juiste begrip;
1 juist onderwerp maar bij het onjuiste begrip, en
2 onjuiste onderwerpen
- c) 3 juiste onderwerpen bij de juiste begrippen;
0 juiste onderwerpen bij onjuiste begrippen, en
1 onjuist onderwerp
- d) 0 juiste onderwerpen bij de juiste begrippen;
3 juiste onderwerpen maar bij onjuiste begrippen, en
1 onjuist onderwerp

Question 19

We receive incoming radiation between wavelengths of 0.4 and 0.7 μm at a glass plate with non-transparent parallel lines etched on it. The distance between the lines is 10 μm . The radiation arrives perpendicular to the glass plate and leaves with an exit angle e measured from the normal. What are the beam widths of the first-order spectrum and the second-order spectrum?

- a) 7.1° and 3.5°
- b) 3.5° and 7.1°
- c) 1.7° and 3.5°
- d) 1.9° and 3.8°

Question 20

Given an object at 310 K with an albedo of 0.2. 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

Question 21

An decrease in the temperature of a black body will lead to

- a) a **lower** emitted radiation energy with the peak energy at a **lower** frequency
- b) a **lower** emitted radiation energy with the peak energy at a **higher** frequency
- c) a **higher** emitted radiation energy with the peak energy at a **lower** frequency
- d) a **higher** emitted radiation energy with the peak energy at a **higher** frequency

Question 22

The dimension of integrated precipitable water vapor is

- a) m
- b) kg
- c) liter
- d) kg m^{-3}

Vraag 19

We ontvangen inkomende straling met golflengten tussen 0.4 en 0.7 μm op een vlakke glazen plaat waarop niet-transparante parallelle lijnen zijn geëetst. De afstand tussen de lijnen is 10 μm . De straling arriveert loodrecht op de plaat en treedt uit met een exithoek e , gemeten vanaf de normaal. Wat zijn de bundelbreedtes van het eerste- en het tweede-orde spectrum?

- a) 7.1° and 3.5°
- b) 3.5° and 7.1°
- c) 1.7° and 3.5°
- d) 1.9° and 3.8°

Vraag 20

Gegeven een object van 310 K met een albedo van 0.2. 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

Vraag 21

Een afname in de temperatuur van een black body resulteert in een

- a) **lager** geëmitteerd energieniveau, waarbij de maximale energie piek bij een **lagere** frequentie ligt
- b) **lager** geëmitteerd energieniveau, waarbij de maximale energie piek bij een **hogere** frequentie ligt
- c) **hoger** geëmitteerd energieniveau, waarbij de maximale energie piek bij een **lagere** frequentie ligt
- d) **hoger** geëmitteerd energieniveau, waarbij de maximale energie piek bij een **hogere** frequentie ligt

Vraag 22

De eenheid van *integrated precipitable water vapor* is

- 1. m
- 2. kg
- 3. liter
- 4. kg m^{-3}

Question 23

Range resolution in a side-looking radar system can be optimized by

- a) using a very short transmit pulse
- b) applying a linear change in amplitude during the transmit pulse
- c) applying a linear change in frequency during the transmit pulse
- d) decreasing the pulse repetition interval

Vraag 23

De afstandsresolutie (*range resolution*) van een zijwaarts-kijkende radar kan worden geoptimaliseerd door

1. gebruik te maken van een zeer korte zendpuls
 2. toepassing van een lineaire verandering in amplitude binnen de zendpuls
 3. toepassing van een lineaire verandering in frequentie binnen de zendpuls
 4. het verminderen van de tijdsduur tussen opeenvolgende pulsen
-

Before handing in the exam sheet please check:

- this form will be scanned and automatically processed. Are the scores clear?
- write your name
- write your student number
- fill in boxes with student number
- sign the form

Voor u uw formulier inlevert, controleer s.v.p.:

- Dit formulier wordt automatisch gescand. Is het duidelijk ingevuld?
- Naam ingevuld?
- Studienummer ingevuld?
- Studienummer aangegeven door vakjes zwart te maken?
- Onderteken het formulier

Answers / Antwoorden

1. d
2. b
3. a
4. b
5. d
6. c
7. c
8. b
9. b
10. a
11. d
12. c
13. a
14. d
15. a
16. b
17. c
18. d
19. c
20. d
21. a
22. a
23. c