

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

30-06-2005, 9:00–12:00

Version / versie : A

Please read these instructions first:

This exam contains 24 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. Do not forget to write down your **name**, **7-digit student number** and **version character** (that you can find on this page). Also mark student number and version character in the corresponding boxes. If either student number or version character 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 24 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! Vergeet niet om uw **naam**, **7-cijferig studienummer** en **versieletter** (bovenaan deze pagina) te noteren. Indien studie-nummer en/of versieletter worden 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

The integral of the two spherical harmonic functions $\bar{Y}_{20}^c$ and $\bar{Y}_{40}^c$, evaluated over the unit sphere, is

- a) 1
- b) ∞
- c) 4π
- d) 0

Question 2

A satellite on an exact repeat orbit completes 244 orbital revolutions in 17 days, at inclination $i = 108^\circ$. It passes the equator northbound at UT 9h 00m. At what time (UT) does it pass latitude 40° North?

- a) UT 9h 38m
- b) UT 9h 25m
- c) UT 9h 12m
- d) UT 8h 41m

Question 3

The Mediterranean Sea has an extension of about $2.5 \cdot 10^{12} \text{ m}^2$. We assume an annual change in the Mediterranean sea level of 0.1 m, due to water mass influx, precipitation, evaporation. The density of sea water is approximately 1000 kg/m^3 . What would be the corresponding annual gravity change at satellite altitude (use 450 km), approximately?

- a) $2 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}^2$
- b) $8 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}^2$
- c) $2 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}^2$
- d) $8 \cdot 10^{-12} \text{ m/s}^2$

Vraag 1

De integraal genomen over de eenheidsbol van het product van de twee bolfuncties $\bar{Y}_{20}^c$ en $\bar{Y}_{40}^c$ is

- a) 1
- b) ∞
- c) 4π
- d) 0

Vraag 2

Een satelliet in een exacte herhaalbaan voltooit 244 baanrotaties in 17 dagen, bij een inclinatie van $i = 108^\circ$. Hij passeert de evenaar in noordelijke richting om UT 9:00u. Hoe laat (UT) passeert hij 40° noorderbreedte?

- a) UT 9:38u
- b) UT 9:25u
- c) UT 9:12u
- d) UT 8:41u

Vraag 3

De Middellandse Zee heeft een oppervlakte van ongeveer $2.5 \cdot 10^{12} \text{ m}^2$. We nemen een jaarlijkse verandering in het niveau van de Middellandse Zee aan van 0.1 m, ten gevolge van water massa flux, neerslag en verdamping. De dichtheid van zeewater is ongeveer 1000 kg/m^3 . Geef een afschatting van de overeenkomstige jaarlijkse zwaartekrachtsverandering op satelliet hoogte (gebruik 450 km).

- a) $2 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}^2$
- b) $8 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}^2$
- c) $2 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}^2$
- d) $8 \cdot 10^{-12} \text{ m/s}^2$

Question 4

Let the Gauss coefficients of the geomagnetic dipole field be $g_{10} = -29705$ nT, $g_{11} = -1890$ nT, $h_{11} = 5385$ nT. Give a representative value for the vertical field intensity B_z at the Earth's surface, at 45° latitude.

- a) 4200 nT
- b) 42000 nT
- c) 420 nT
- d) 42 nT

Question 5

What is the required time measurement accuracy to meet a position error of 1cm when tracking a LEO satellite?

- a) $1 \cdot 10^{-8}$ s
- b) $1 \cdot 10^{-10}$ s
- c) $1 \cdot 10^{-6}$ s
- d) $1 \cdot 10^{-4}$ s

Question 6

A spherical harmonic model (SH) of the moon's gravity field may include SH coefficients $\bar{c}_{lm}$, $\bar{s}_{lm}$ complete to degree $l_{max}=150$. The moon's radius is about 1738 km. The SH model corresponds to a ground resolution of about

- a) 267 km
- b) 9 km
- c) 73 km
- d) 133 km

Vraag 4

Laat de Gauss coëfficiënten van het geomagnetische dipoolveld $g_{10} = -29705$ nT, $g_{11} = -1890$ nT en $h_{11} = 5385$ nT zijn. Geef een representatieve waarde voor de verticale veldintensiteit B_z op het aardoppervlak, op een breedte van 45° .

- a) 4200 nT
- b) 42000 nT
- c) 420 nT
- d) 42 nT

Vraag 5

Welke nauwkeurigheid in tijdswaarneming is er nodig voor een positiefout van 1 cm wanneer een LEO satelliet wordt getrackt?

- a) $1 \cdot 10^{-8}$ s
- b) $1 \cdot 10^{-10}$ s
- c) $1 \cdot 10^{-6}$ s
- d) $1 \cdot 10^{-4}$ s

Vraag 6

Een sferisch harmonisch model (SH) van het gravitatieveld van de maan bevat de SH coëfficiënten $\bar{c}_{lm}$, $\bar{s}_{lm}$ compleet tot graad $l_{max}=150$. De straal van de maan is ongeveer 1738 km. Dit SH model correspondeert op de grond met een resolutie van ongeveer

- a) 267 km
- b) 9 km
- c) 73 km
- d) 133 km

Question 7

At UT 0h 0m 0s, a LEO satellite has a TRS position (in m) of $x = 2572524.93$, $y = -1141129.88$, $z = 6162293.58$. 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 above 60°
- c) in daylight, sun's elevation between 30° and 60°
- d) in darkness (nighttime)

Question 8

For some areas in Scandinavia (Fennoscandia), land uplift due to the so-called post-glacial rebound effect, can be as big as several mm/year. Which observation technique **cannot** be used to measure this uplift?

- a) Tide-gauge station
- b) Free-fall absolute gravimeter
- c) Continuously operating GPS station
- d) Airborne gravimetry

Question 9

How big is the area (in km^2), that is illuminated by a radar-altimetric pulse of 3 ns duration emitted at a satellite altitude of 1300 km?

- a) $> 5 \text{ km}^2$
- b) $< 1.8 \text{ km}^2$
- c) 4.4 km^2
- d) 3.7 km^2

Vraag 7

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

- a) in daglicht, de elevatie van de zon is minder dan 30°
- b) in daglicht, de elevatie van de zon is meer dan 60°
- c) in daglicht, de elevatie van de zon is tussen 30° en 60°
- d) in het donker ('s nachts)

Vraag 8

Voor sommige gebieden in Scandinavië (Fennoscandia) kan bodemstijging, ten gevolge van post-glaciale opheffing, zo groot zijn als enkele mm/jaar. Welke observatietechniek kan **niet** gebruikt worden om deze opstuwing te meten?

- a) getijde station
- b) vrije-val absolute gravimeter
- c) continu werkend GPS station
- d) vliegtuiggravimetrie

Vraag 9

Hoe groot is het gebied (in km^2), dat wordt belicht door een radar-hoogtemeterpuls van 3 ns uitgezonden vanaf een satelliehoogte van 1300 km?

- a) $> 5 \text{ km}^2$
- b) $< 1.8 \text{ km}^2$
- c) 4.4 km^2
- d) 3.7 km^2

Question 10

A satellite in an orbit at 700 km altitude records reflected sunlight in the entire visible range of the spectrum. The sensor is based on a linear CCD-array (pushbroom), in which the elements have 10 μm spacing. The spatial resolution of the produced imagery is 70 cm.

The optical system (i.e. lens) of the sensor should have focal length of 10 m and a diameter of 70 cm.

- a) only the diameter seems to make sense
- b) only the focal length seems to make sense
- c) both focal length and diameter look strange, but to be sure more information would be needed
- d) this is correct, at least approximately

Question 11

The same satellite from the question (above) looks vertically down at an area of 14×14 km in a mountainous region. The maximum relief displacement in this image is:

- a) negligible in an image from such an altitude
- b) in the order of several pixels
- c) not an issue, because of the pushbroom scanner
- d) irrelevant because it is not a stereo image

Question 12

You are travelling in a satellite at 800 km above the earth's surface at 11 am local time. The terrain below you is vegetated, but it also contains some peculiar objects that behave very similar to black bodies. Compared to the vegetation, these objects:

- a) do not release any radiation in any part of the spectrum
- b) look "lighter" in the near-infrared part of the spectrum
- c) have a larger NDVI
- d) look "lighter" in the thermal infrared part of the spectrum

Vraag 10

Een satelliet in een baan op 700 km hoogte meet gereflecteerd zonlicht in het gehele zichtbare deel van het spectrum. De sensor bevat een lineair CCD-array (pushbroom), waarin de elementen 10 μm afstand tot elkaar hebben. De ruimtelijke resolutie van de beelden bedraagt 70 cm.

Het optische systeem (de lens) van de sensor moet een brandpuntafstand hebben van 10 m en een diameter van 70 cm.

- a) alleen de diameter lijkt realistisch
- b) alleen de brandpuntafstand lijkt realistisch
- c) zowel de brandpuntafstand als de diameter zien er vreemd uit, maar er zijn meer gegevens nodig om dit met zekerheid te kunnen zeggen
- d) dit is juist, althans bij benadering

Vraag 11

Dezelfde satelliet als in de vorige vraag kijkt verticaal naar beneden naar een gedeelte van 14×14 km in een bergachtig gebied. De maximale omvalling (*relief displacement*) is:

- a) verwaarloosbaar in een beeld dat verticaal vanaf zo'n grote hoogte is opgenomen
- b) in de orde van enkele pixels
- c) niet van belang vanwege de pushbroom-scanner
- d) niet relevant omdat het geen stereo-opname betreft

Vraag 12

U reist in een satelliet op 800 km hoogte boven het aardoppervlak om 11 uur 's ochtends (locale tijd). Het terrein is begroeid, maar bevat ook een aantal merkwaardige objecten die sterk op "black bodies" lijken. In vergelijking met de begroeiing:

- a) Er komt geen straling van deze objecten
- b) zijn deze objecten "lichter" in het nabij-infrarode deel van het spectrum
- c) hebben deze objecten een grotere NDVI
- d) zijn deze objecten "lichter" in het thermisch infrarode deel van het spectrum

Question 13

A monochromatic, randomly polarized bundle of visible light hits a perfectly flat water surface with an certain incidence angle (deviation from vertical). The reflected radiation is completely parallel polarized

- a) when the inclination angle is smaller than or equal to the Brewster angle
- b) at the Brewster angle
- c) when the inclination angle is 0
- d) this cannot occur

Question 14

The absorption length of visible light in clear sea water is in the order of:

- a) kilometers
- b) centimeters
- c) meters
- d) none of the other answers, since absorption length is not a distance

Question 15

Which statement is true? Laser Remote Sensing ...

- a) can only be applied from satellites and airplanes, because the power of the energy source (the laser) is too high and dangerous for ground based applications.
- b) requires—in general—specular reflection of the emitted energy at the reflecting surface in order to cast the echo back to the detector.
- c) can be used from airborne platforms to measure topography with an accuracy of 0.2 m and better.
- d) can be used to measure surface reflectivity, backscatter in the atmosphere, and soil moisture.

Vraag 13

Een monochromatische, willekeurig gepolariseerde bundel zichtbaar licht valt op een spiegelglad wateroppervlak onder een bepaalde inclinatiehoek (t.o.v. verticaal). De gereflecteerde straling is volledig parallel gepolariseerd:

- a) indien de inclinatiehoek kleiner dan of gelijk aan de hoek van Brewster is
- b) indien de inclinatiehoek gelijk aan de hoek van Brewster is
- c) indien de inclinatiehoek 0 is
- d) dit effect treed nooit op

Vraag 14

De absorptielengte van zichtbaar licht in helder zeewater is in de orde van:

- a) kilometers
- b) centimeters
- c) meters
- d) geen van de andere antwoorden, want absorptielengte is geen afstand

Vraag 15

Welke stelling is correct? Laser remote sensing...

- a) kan slechts uitgevoerd worden vanuit satellieten en vliegtuigen omdat het vermogen van de energiebron (de laser) te groot is en te gevaarlijk voor toepassing op de grond.
- b) heeft speculaire reflectie nodig aan het reflecterend oppervlak om de echo naar de detector terug te kunnen kaatsen.
- c) kan gebruikt worden vanuit vliegtuigen om topografie te meten met een nauwkeurigheid van 0.2 m of beter.
- d) kan gebruikt worden om oppervlakte-reflectiviteit, atmosferische *backscatter* en bodemvochtigheid te meten.

Question 16

A sound wave arrives at the perfectly flat sea floor at normal incidence. The density and sound speed of the sea water and the sea bottom are 1 g/cm^{-3} , 1500 m/s , and 1.5 g/cm^{-3} , 2000 m/s , respectively. Determine how much energy is reflected by the sea bottom.

- a) 20%
- b) 40%
- c) 33%
- d) 30%

Question 17

Electromagnetic wavelengths of 10 cm are commonly denoted as

- a) K-band
- b) S-band
- c) P-band
- d) X-band

Question 18

To compute the irradiance at a flat surface element, given the radiance values, we need to

- a) multiply the radiance with the albedo of the surface
- b) integrate the radiance over all solid angles in a semi-sphere
- c) differentiate radiances to the incident direction
- d) multiply the radiance with the attenuation factor

Vraag 16

Een geluidsgolf arriveert bij een perfect vlakke zeebodem onder een normaal invalshoek. De dichtheid en geluidssnelheid van het zeewater en de zeebodem zijn respectievelijk 1 g/cm^{-3} , 1500 m/s , en 1.5 g/cm^{-3} , 2000 m/s . Welk percentage van de energie van het signaal wordt gereflecteerd door de zeebodem?

- a) 20%
- b) 40%
- c) 33%
- d) 30%

Vraag 17

Electromagnetische golflengten van 10 cm worden ook wel aangeduid als

- a) K-band
- b) S-band
- c) P-band
- d) X-band

Vraag 18

Om de *irradiance* van een vlak oppervlakte-element te berekenen, gegeven de *radiance* waarden, moet men

- a) de *radiance* vermenigvuldigen met het albedo van het oppervlak
- b) de *radiance* integreren over alle ruimte-hoeken van een halve bol
- c) de *radiance* differentiëren naar de invalshoek
- d) de *radiance* vermenigvuldigen met de *attenuation factor*

Question 19

A flat, horizontal surface is illuminated isotropically from all directions with a radiance of $10 \text{ Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}$. The irradiance at the surface is

- a) 31.4 Wm^{-2}
- b) 62.8 Wm^{-2}
- c) 125.7 Wm^{-2}
- d) 41.8 Wm^{-2}

Question 20

A black body is

- a) a perfect absorber of thermal radiation
- b) a perfect emitter of thermal radiation
- c) a perfect reflector of thermal energy
- d) both a perfect emitter and absorber of thermal energy

Question 21

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

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

Question 22

An airborne side looking radar (SLR) with an antenna length of 2 m, flying at an altitude of 5 km and operating at 5 GHz, emits pulses with a duration of 10 ns, under an incidence angle of 45 degrees. What range resolution can be obtained?

- a) approximately 0.2 m
- b) approximately 200 m
- c) approximately 20 m
- d) approximately 2 m

Vraag 19

Een vlak, horizontaal oppervlak wordt isotroop belicht vanuit alle richtingen met een *radiance* van $10 \text{ Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}$. De *irradiance* aan het oppervlak is nu

- a) 31.4 Wm^{-2}
- b) 62.8 Wm^{-2}
- c) 125.7 Wm^{-2}
- d) 41.8 Wm^{-2}

Vraag 20

Een *black body* is

- a) een perfecte *absorber* van thermische straling
- b) een perfecte *emitter* van thermische straling
- c) een perfecte reflector van thermische straling
- d) zowel een perfecte *emitter* als een perfecte *absorber* van thermische straling

Vraag 21

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

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

Vraag 22

Een *side looking radar* (SLR) is gemonteerd op een vliegtuig en heeft een antennenlengte van 2 m en een frequentie van 5 GHz. De vlieghoogte is 5 km. De radar zendt pulsen uit met een lengte van 10 ns, onder een invalshoek van 45 graden. Welke *range resolution* kan met deze configuratie worden gehaald

- a) ongeveer 0.2 m
- b) ongeveer 200 m
- c) ongeveer 20 m
- d) ongeveer 2 m

Question 23

Synthetic aperture radar satellites are *side looking*

- a) to avoid too much geometric distortion of the image
- b) to avoid too strong reflections from nadir direction
- c) to avoid ambiguous returns at the same range
- d) to avoid specular reflection

Question 24

We would like to design a radar with a beam width of 0.1 degrees, operating at a frequency of 10 GHz. What antenna length should we use?

- a) approximately 3.4 m
- b) approximately 17 m
- c) approximately 34 m
- d) approximately 1.7 m

Vraag 23

Synthetische apertuur radar satellieten kijken zijwaarts

- a) om een te sterke geometrische verstoring te vermijden
- b) om te sterke reflecties uit de nadir richting te vermijden
- c) om dubbelzinnige reflecties op dezelfde range afstand te vermijden
- d) om speculaire reflectie te vermijden

Vraag 24

Men will een radar ontwerpen met een bundelbreedte van 0.1 graden en een frequentie van 10 GHz. Hoe lang moet de antennelengte zijn?

- a) ongeveer 3.4 m
- b) ongeveer 17 m
- c) ongeveer 34 m
- d) ongeveer 1.7 m

Answers Version A / Antwoorden Versie A

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