

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i: GEO4620 - Seismiske bølger og seismologi

Eksamensdag: Mandag 13. desember 2004

Tid for eksamen: (09.30 - 12.30) **09.00 - 12.00**

Oppgavesettet er på 3 sider.

Vedlegg: 2 (fig. og tab.)

Tillatte hjelpemidler: Alle

*Kontroller at oppgavesettet er komplett
før du begynner å besvare spørsmålene.*

Exam in: GEO4620 - Seismic waves and seismology

Day of exam: Monday, December 13, 2004

Exam hours: 09.30 - 12.30

This examination paper consists of 3 pages.

Appendices: 2 (Figure and table)

Permitted materials: All

*Make sure that your copy of this examination paper
is complete before answering.*

Exercise/Oppgave 1.

In this exercise we will consider plane, harmonic waves propagating in a simple structure consisting of an ocean layer above a crustal layer. Let α_w denote the P-wave velocity of the water, and α_c and β_c the P- and S-wave velocity, respectively, of the crust, with $\alpha_w < \alpha_c$. Assume that the waves propagate in the (x,z) -plane, the z -axis being positive downwards, and that the ocean bottom at $z = 0$ is horizontal.

Denne oppgaven dreier seg om plane, harmoniske bølger som forplanter seg i en enkel struktur bestående av et vannlag over et skorpe lag. La α_w betegne P-bølgehastigheten i vannet, og α_c og β_c hhv. P- og S- bølgehastigheten i skorpa, med $\alpha_w < \alpha_c$. Anta at bølgene forplanter seg i (x,z) -planet, med z -aksen positiv nedover, og at havbunnen ved $z = 0$ er horisontal.

a) What are the boundary conditions at the ocean bottom?

Hvilke grenseflatebetingelser gjelder ved havbunnen?

b) In the case of a P wave incident on the ocean bottom from above, which waves can be generated in the two layers?

Write the potentials for the incident P wave and the waves that are generated.

Hvilke bølger kan bli generert i de to lagene når en P-bølge i vannlaget treffer havbunnen?

Skriv opp potensialene for den innkommende P-bølgen og bølgene som blir generert.

c) Express the boundary conditions in terms of the potentials.

Uttrykk grenseflatebetingelsene ved potensialene.

d) Can inhomogeneous waves be generated by a P wave incident on the ocean bottom from above?

Kan det bli generert inhomogene bølger når en P-bølge i vannlaget treffer havbunnen?

e) When both the source and receivers are deployed in water (which is common in marine seismic prospecting), is it then possible to study the S velocity structure in the crust?

Er det mulig å studere S-hastighetsstrukturen i skorpa når både kilde og mottagere er plassert i vann (slik det er vanlig i marin seismikk)?

Exercise/Oppgave 2.

a) What does the quality factor Q represent physically?

Hva er kvalitetsfaktoren Q et mål på?

b) For seismic waves Q is usually taken as independent of frequency. The anelastic damping, however, is *not* frequency independent. Explain why.

For seismiske bølger antas Q vanligvis å være frekvensuavhengig. Anelastisk demping er derimot ikke frekvensuavhengig. Forklar hvorfor.

c) For a Poisson medium, calculate Q_α when $Q_\kappa = 1100$ and $Q_\mu = 400$.

I et Poisson-medium, beregn Q_α når $Q_\kappa = 1100$ og $Q_\mu = 400$.

d) For a P wave coming from a surface source, compute the percentage amplitude reduction at 1Hz and 0.01Hz when the epicentral (or delta) distance is 70° . You have to use the enclosed P phase travel time table, and you can assume that the Q_α found in c) applies to the whole wave path.

Beregn den prosentvise amplitudereduksjonen ved 1Hz og 0.01Hz for en P-bølge fra en overflatekilde, når episenter(el. delta)avstanden er 70° . Du må bruke vedlagte utdrag av gangtidstabellen for P-fasen, og du kan anta at den Q_α som ble funnet i pkt. c) gjelder langs hele bølgebanen.

Exercise/Oppgave 3.

The enclosed figure shows the focal mechanism for an earthquake whose *fault* plane geometry is as follows: strike angle 45° , dip angle 45° and slip angle 270° .

Vedlagte figur viser fokalmekanismen til et jordskjelv hvis forkastningsplan har følgende geometri: strøkvinkel 45° , helningsvinkel 45° og slip-vinkel 270° .

a) Which type of faulting do these values correspond to?

Hvilken forkastningstype svarer disse verdiene til?

We now introduce a Cartesian coordinate system (x,y,z) , where positive x-axis points east, positive y-axis points north, and positive z-axis points up.

Vi introduserer nå et Cartesisk koordinatsystem (x,y,z) , hvor positiv x-akse peker østover, positiv y-akse peker nordover, og positiv z-akse peker oppover.

b) Compute the components of the unit normal vector \mathbf{n} to the *fault* plane and the unit slip vector \mathbf{d} in the given coordinate system.

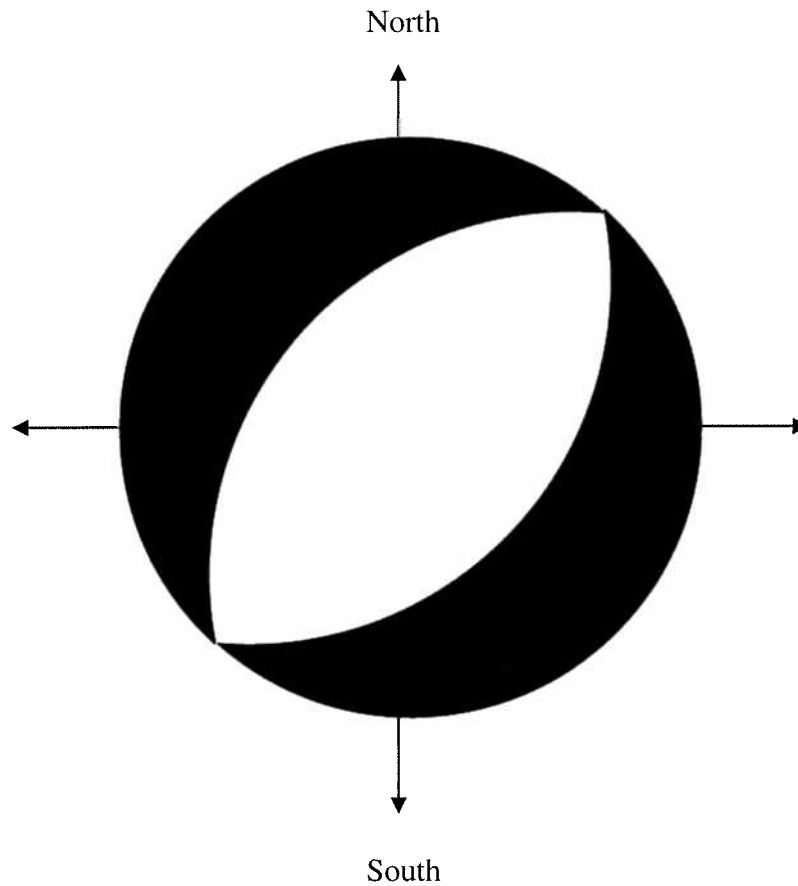
Beregn komponentene til enhetsnormalvektoren \mathbf{n} til forkastningsplanet og enhetsslipvektoren \mathbf{d} i det gitte koordinatsystemet.

c) Assume that the scalar seismic moment is M_0 , and compute the seismic moment tensor in the same coordinate system. Is the trace of the tensor as expected for this type of faulting?

Anta at det skalare, seismiske momentet er M_0 , og beregn den seismiske moment-tensoren i det samme koordinatsystemet. Er trasen til tensoren som forventet for denne forkastningstypen?

d) The azimuth *at the source* towards one of the stations that recorded the earthquake is 90° , and the epicentral distance to the same station is 75° . Use the enclosed focal mechanism figure and P phase travel time table to determine the first motion (polarity) of the P phase at the station. I.e., if it is *compression* or *dilatation*. Assume that the hypocenter depth is 15km and that the P-wave velocity at the source is 5.8km/s.

Asimut ved kilden mot en av stasjonene som registrerte jordskjelvet er 90° , og episenteravstanden til samme stasjon er 75° . Bruk vedlagte fokalmekanismefigur og gangtidstabell for P-fasen til å bestemme førstebevegelsen (polariteten) til P-fasen ved stasjonen. Dvs., om det er kompresjon eller dilatasjon. Anta at hyposenterdypet er 15km og at P-bølg-hastigheten ved kilden er 5.8km/s.



The figure shows the focal mechanism of the earthquake in exercise 3. A normalized, zenithal, equal area projection has been used, and the distance ρ from the origin of the projection plane is given by

$$\rho = R \cdot \sin(i/2) \cdot \sqrt{2}$$

where i is the angle between the ray path and the vertical at the source, and $R = 3.8\text{cm}$.

Figuren viser fokalmekanismen til jordskjelvet i oppgave 3. Det er blitt brukt en normalisert, senital, flatetro projeksjon, og avstanden ρ fra origo i projeksjonsplanet er gitt ved

$$\rho = R \cdot \sin(i/2) \cdot \sqrt{2}$$

hvor i er vinkelen mellom strålebanen og vertikalen ved kilden, og $R = 3.8\text{cm}$.

P	Depth of source [km]								
	Δ	0.	15.	35.	50.	100.	150.	200.	250.
		m s	m s	m s	m s	m s	m s	m s	m s
50.0		8 56.00 7.60	8 53.63 7.59	8 50.77 7.59	8 49.21 7.58	8 44.04 7.56	8 38.91 7.54	8 33.90 7.51	8 29.04 7.49
51.0		9 03.56 7.52	9 01.18 7.52	8 58.32 7.51	8 56.76 7.51	8 51.56 7.49	8 46.41 7.46	8 41.38 7.44	8 36.50 7.42
52.0		9 11.05 7.45	9 08.67 7.45	9 05.80 7.44	9 04.23 7.44	8 59.01 7.42	8 53.83 7.39	8 48.78 7.37	8 43.88 7.35
53.0		9 18.47 7.38	9 16.08 7.38	9 13.20 7.37	9 11.63 7.36	9 06.39 7.34	9 01.19 7.32	8 56.12 7.30	8 51.19 7.28
54.0		9 25.81 7.31	9 23.42 7.30	9 20.54 7.30	9 18.96 7.29	9 13.70 7.27	9 08.48 7.25	9 03.38 7.23	8 58.43 7.20
55.0		9 33.08 7.23	9 30.69 7.23	9 27.80 7.22	9 26.21 7.22	9 20.93 7.20	9 15.69 7.18	9 10.58 7.15	9 05.60 7.13
56.0		9 40.28 7.16	9 37.88 7.16	9 34.99 7.15	9 33.39 7.14	9 28.09 7.12	9 22.83 7.10	9 17.69 7.08	9 12.70 7.06
57.0		9 47.40 7.09	9 45.00 7.08	9 42.10 7.08	9 40.50 7.07	9 35.18 7.05	9 29.90 7.03	9 24.74 7.01	9 19.72 6.99
58.0		9 54.46 7.02	9 52.05 7.01	9 49.14 7.01	9 47.54 7.00	9 42.20 6.98	9 36.90 6.96	9 31.72 6.94	9 26.68 6.92
59.0		10 01.43 6.94	9 59.02 6.94	9 56.11 6.93	9 54.50 6.93	9 49.14 6.91	9 43.82 6.89	9 38.62 6.87	9 33.56 6.85
60.0		10 08.34 6.87	10 05.93 6.87	10 03.01 6.86	10 01.39 6.85	9 56.01 6.83	9 50.67 6.81	9 45.45 6.79	9 40.37 6.77
61.0		10 15.17 6.80	10 12.75 6.79	10 09.83 6.79	10 08.21 6.78	10 02.81 6.76	9 57.45 6.74	9 52.21 6.72	9 47.11 6.70
62.0		10 21.93 6.72	10 19.51 6.72	10 16.58 6.71	10 14.95 6.71	10 09.54 6.69	10 04.16 6.67	9 58.90 6.65	9 53.77 6.63
63.0		10 28.62 6.65	10 26.19 6.65	10 23.26 6.64	10 21.63 6.64	10 16.19 6.62	10 10.79 6.60	10 05.51 6.58	10 00.37 6.56
64.0		10 35.23 6.58	10 32.80 6.58	10 29.86 6.57	10 28.23 6.56	10 22.77 6.55	10 17.36 6.53	10 12.06 6.51	10 06.90 6.49
65.0		10 41.78 6.51	10 39.34 6.50	10 36.40 6.50	10 34.76 6.49	10 29.29 6.48	10 23.85 6.46	10 18.53 6.44	10 13.35 6.42
66.0		10 48.25 6.44	10 45.81 6.43	10 42.86 6.43	10 41.21 6.42	10 35.72 6.40	10 30.27 6.39	10 24.94 6.37	10 19.74 6.35
67.0		10 54.65 6.36	10 52.21 6.36	10 49.25 6.35	10 47.60 6.35	10 42.09 6.33	10 36.62 6.31	10 31.27 6.30	10 26.05 6.28
68.0		11 00.97 6.29	10 58.53 6.29	10 55.57 6.28	10 53.91 6.28	10 48.39 6.26	10 42.90 6.24	10 37.53 6.22	10 32.29 6.21
69.0		11 07.23 6.22	11 04.78 6.21	11 01.82 6.21	11 00.15 6.20	10 54.61 6.19	10 49.11 6.17	10 43.72 6.15	10 38.46 6.13
70.0		11 13.41 6.14	11 10.96 6.14	11 07.99 6.14	11 06.32 6.13	11 00.76 6.12	10 55.24 6.10	10 49.83 6.08	10 44.56 6.06
71.0		11 19.51 6.07	11 17.06 6.07	11 14.09 6.06	11 12.41 6.06	11 06.84 6.04	11 01.30 6.03	10 55.88 6.01	10 50.59 5.99
72.0		11 25.55 6.00	11 23.09 6.00	11 20.12 5.99	11 18.44 5.99	11 12.85 5.97	11 07.29 5.95	11 01.85 5.94	10 56.54 5.92
73.0		11 31.51 5.93	11 29.05 5.92	11 26.07 5.92	11 24.39 5.91	11 18.78 5.90	11 13.21 5.88	11 07.75 5.86	11 02.43 5.85
74.0		11 37.40 5.85	11 34.94 5.85	11 31.95 5.84	11 30.26 5.84	11 24.64 5.82	11 19.05 5.81	11 13.58 5.79	11 08.24 5.77
75.0		11 43.22 5.78	11 40.75 5.77	11 37.76 5.77	11 36.06 5.76	11 30.43 5.75	11 24.82 5.73	11 19.33 5.72	11 13.97 5.70