관측 라운드: 진행 방법

문제를 읽고 관측 계획을 세울 시간은 30분이다. 다른 참가자와 이야기하지 마라. 감독관이 'GO NOW' 표지를 보이면, 문제지, 필기판, 펜/연필을 가지고 안내를 따라 망원경 위치로 가라(망원경에 빨간 등이 마련된다). 다른 참가자와 거리를 두고 이야기하지 마라. 망원경의 조교에게 배지와 코드를 보여라.

관측 과제를 마칠 시간은 모든 참가자가 준비되었을 때부터 모두 30분이다. 30분이 끝나면 종이와 필기판을 가지고(등은 두고) 관측 장소를 떠나라는 부름이 있을 때까지 기다려라.

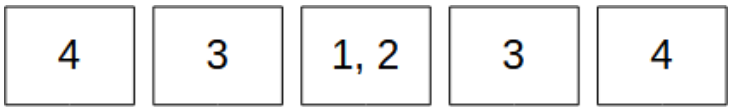
안내를 따라 준비실로 돌아가라. 다른 참가자와 거리를 두고 이야기하지 마라.

관측 결과를 처리하고 답안지를 마칠 시간이 다시 30분 주어진다(계산기, 기하 도구 등이 마련된다). 기술적인 문제가 있었으면 답안지의 양식에 팀 리더에게 보고서를 쓸 수 있다. 30분이 끝나면 답안지와 보고서를 봉투에 넣고 방을 떠나라는 안내가 있을 때까지 책상에서 기다려라.

관측 라운드: 일반 지시 사항

과학자들이 추락한 외계인 비행접시를 발견했다. 화물칸 높은 곳에서 하늘의 모습을 보내는 화면 여러 개를 찾았고, 갑판 높이에서 화면을 똑똑히 볼 수 있도록 망원경들을 설치했다. 망원경으로 화면 위의 (흉내 낸) 목표를 관측하고 결과를 기록하라.

맞은편에 화면이 5개 있다: 가운데 화면은 과제 1과 2의 영상을, 나머지 넷은 과제 3과 4의 정지 영상을 보여 준다. 가운데에 가까운 두 화면은 과제 3의 (같은) 영상을, 바깥쪽 두 화면은 과제 4의 (같은) 영상을 보여 준다. 망원경을 자기에게서 가장 먼 화면으로 향하게 하라.



관측 과제를 마칠 시간은 모두 30분이지만, 과제 1과 2는 한 번만 보여 준다: 실제 관측처럼 자료를 모을 기회는 한 번뿐이다. 라운드의 남은 시간을 보여 주는 시계가 두 개 보인다.

라운드가 시작되면 가운데 화면의 시계가 관측자 위치의 흉내 낸 시각을 보여 준다. 시계는 망원경으로 볼 때 바른 방향으로 보인다. 시각은 3분 동안 보였다가 사라진다. 이것으로 관측 시작 시각을 맞추어라.

주의: 시야의 축척은 동영상과 정지 영상이 서로 다르다.

관측 2: '스타링크'

문제 1과 같은 별 영역에서 23:05 UT 무렵 17 59 자오선 가까이에 스타링크 위성들의 '열차'가 나타난다. 지나가는 데 약 3분 걸린다.

별 영역의 중심은 고도 20°에 있고, 위성들은 지표 위 400 km에서 같은 간격으로 원 궤도를 따라 움직인다고 가정해도 된다. 또 위성들이 연직으로(지평선에 수직으로) 움직인다고 가정해도 된다.

(a) 흉내 낸 하늘에서 관측자가 보는 위성들의 각속도를 재라.

(b) 이웃한 위성들이 지나가는 시간 간격을 재고, 성도(지도 1)에 그 경로를 표시하라.

(c) 문제에 주어진 정보를 써서 관측자가 보는 위성들의 이론적 각속도를 계산하라.

(d) 이웃한 두 위성 사이의 거리를 km로 어림하라.

상수: $G = 6.674 \times 10^{-11}\mathrm{Nm^2kg^{-2}}$; $M_{\mathrm{Earth}} = 5.972 \times 10^{24}\mathrm{kg}$; $R_{\mathrm{Earth}} = 6378\mathrm{km}$.

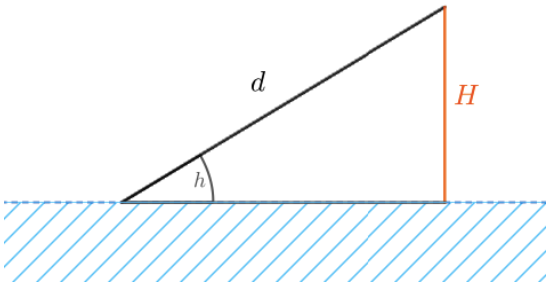
(15점)

풀이

위성들은 고도 h = 20°에 있고 지표 위 높이는
$H = 400$ km.

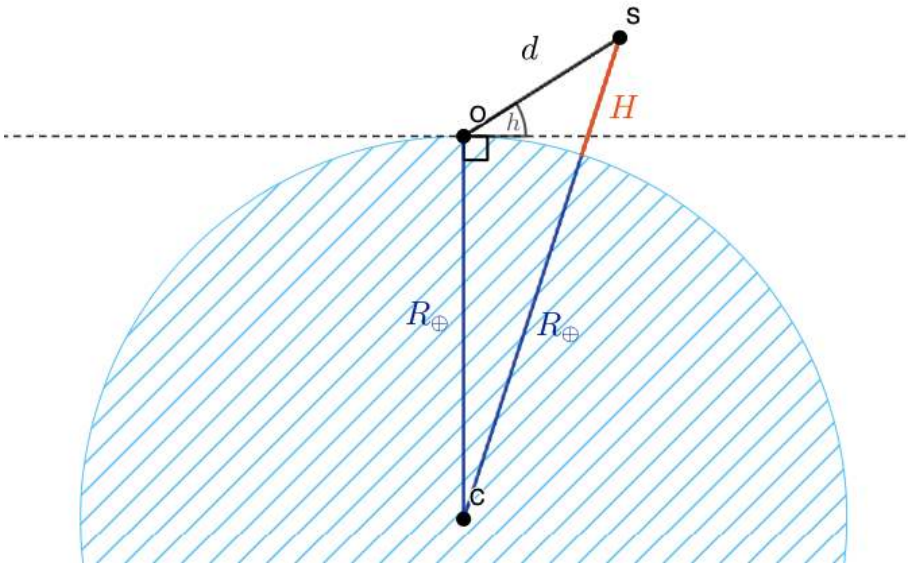
1) 지구의 곡률을 무시하는 (간단히 한) 풀이에서는 학생이 위성까지의 거리를 다음과 같다고 가정한다:

$$d_{flat} = \frac{H}{\sin h} = 1170 \text{ km}$$



2) 지구의 곡률을 고려하는 풀이에서는 OSC(관측자-위성-지구 중심) 삼각형을 그린다. 각은: ∠COS = 90° + h, ∠OSC를 η로 쓰고, ∠SCO = 180° − (90° + h) − η = 70° − η.

사인 법칙을 쓸 수 있다:



$$\frac{\sin(90^\circ + h)}{R_\oplus + H} = \frac{\sin\eta}{R_\oplus} = \frac{\sin(70^\circ - \eta)}{d_{curve}}$$

위성까지의 거리를 계산한다:

$$\eta = \arcsin\left(\frac{R_\oplus}{R_\oplus + H}\sin(90^\circ + h)\right) = 62^\circ, 2$$

$$d_{curve} = R_\oplus \frac{\sin(70^\circ - \eta)}{\sin\eta} = 980 \text{ km}$$

궤도 반지름이 R⊕ + H임을 알면 vorbit = √(GM⊕/(R⊕ + H)) = 7.6 km/s를 계산한다. 관측자는 운동의 접선 성분 vt만 잴 수 있다.

학생은 각속도를 vt/d = vorbit sin h/d = $2.2 \cdot 10^{-3}$[1/s] = 7.6[′/s] (지구 곡률을 무시한 풀이) 또는 $2.6 \cdot 10^{-3}$[1/s] = 9.0[′/s] (지구 곡률을 고려한 풀이)로 어림한다.

각속도 예측에 5점:
8.55 − 9.45[′/s] 안이면 5점; 8.1 − 9.9[′/s] 안이면 4점; 7.5 − 10.5[′/s] 안이면 3점;
그 밖에는 0점

흉내 낸 각속도는 8.5[′/s]이다. 학생은 이 값이 자기의 예측과 비슷하다고 결론지어야 한다.

각속도 측정에 4점:

또는 조금 더 낮아서 예컨대 실제 궤도 반지름이 예측보다 조금 더 크다는 뜻일 수 있다고 덧붙여도 되지만, 꼭 그럴 필요는 없다

5% 안에서 맞으면 (8.1 – 8.9 [′/s]) 4점; 10% 안에서 맞으면 (7.65 – 9.35 [′/s]) 2점;
그 밖에는 0점

비교가 맞으면 1점

그다음 학생은 지나가는 시간 간격을 t = 2 s로 재야 한다.

시간 간격 측정에 2점:
5% 안에서 맞으면 (1.9 – 2.1 s) 2점; 그 밖에는 0점

이렇게 짧은 시간에는 궤도를 따른 경로를 직선으로 어림할 수 있다. 지나간 거리는 S = vorbit t = 15 km이며, 이것이 위성 사이의 거리이다. (또는 학생이 자기가 잰 vt를 쓰면 S = vt t/ sin h = 14 km).

거리 계산에 2점
13.8–15.2 km 안이면 2점
12.5–16.5 km 안이면 1점
그 밖에는 0점

끝으로 학생은 관측한 위성 경로를 성도에 표시해야 한다.

위성 궤적을 바르게 표시하면 1점