

(G1) 일반적인 관성계의 관측자(inertial observer)가 보았을 때, 질량 m 과 속도 \vec{v} 인 우주선이 질량 M 과 속도 \vec{u} 의 무거운 행성을 향해 움직이고 있다. 이 무거운 행성의 속도 \vec{u} 의 방향은 우주선 궤도에 의한 영향을 받지 않는다고 가정한다. 즉, 우주선에 의한 중력 부스트(gravitational boost)가 없다고 가정한다. 다만, 반대로 우주선은 무거운 행성의 영향을 받아서 속도의 크기와 방향이 변하며, 우주선이 받는 중력 부스트는 측정할 수 있다고 가정한다. 이 경우의 중력 부스트는 우주선이 행성에 다가가면서 생기는 점근속도의 변화와 각도의 변화를 측정함으로써 알 수 있다.

- (G1.1) 만약 \vec{v} 와 \vec{u} 가 정반대 방향(anti-parallel)이라고 할 때, 우주선이 지나고 난 최종 속도(\vec{v}_f)를 수식으로 표현하시오(Figure 1을 참고) 3
- (G1.2) 무거운 행성의 질량이 매우 크다고 가정($m \ll M$)하고, 위의 수식을 단순화 하시오. 1
- (G1.3) 위의 가정($m \ll M$) 상황에서, 우주선의 속도(\vec{v})와 행성의 속도($-\vec{u}$) 방향의 사이각을 θ 로 나타낸다면(Figure 2 참고), 앞의 결과를 이용해서 최종 속도(\vec{v}_f)를 표현하시오. 3
- (G1.4) 마지막 장 테이블은 1979년 중 몇 달 동안 Voyager-2가 목성 부근을 지나가면서 기록한 데이터이다. 이 것을 기록한 관측자는 태양의 중심에 있다고 가정하였다. 표에 기록된 것은 관측자와 위성 간의 거리(AU 단위), 일심 황경 (helocentric ecliptic longitude)상의 λ 이다. 모든 천체는 황도면 상에 있고, 지구는 원 궤도(circular orbit)라고 가정한다. 이 우주선이 언제 목성의 영향을 받기 시작하였는지 알기 위하여, 테이블을 이용해서 날짜를 축으로 하는 적절한 그래프를 GRAPH(G1.4) 답지에 그리시오. 그리고 해당하는 날짜와 내용을 표시하시오. 8
- (G1.5) 위 G1.4와 같이 조우가 시작된 날(the day of the encounter)에 해당하는 지구-목성 간의 거리 (d_{E-J})를 구하시오. 4
- (G1.6) 이 날(G1.4의 날짜) 중, 부바네스와르(Bhubaneswar: 20.27° N; 85.84°E; UT + 05: 30)의 자오선 상에 목성이 지나가는 시간은 인도의 표준시(t_{std})로 몇 시 몇 분 인가? 6
- (G1.7) 우주선이 조우하기 이전과 이후에 측정된 속도(km s^{-1} 단위)는 다음과 같다. 여기에서 n 은 조우한 당일을 의미한다. 이 데이터를 이용해서 조우한 날의 목성 궤도 속도(u)과 사이각(θ)을 구하시오 12

| date | n-45 | n-35 | n-25 | n-15 | n-5 | n |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| v_{tot} | 10.1408 | 10.0187 | 9.9078 | 9.8389 | 10.2516 | 25.5150 |
| date | n+5 | n+15 | n+25 | n+35 | n+45 | |
| v_{tot} | 21.8636 | 21.7022 | 21.5580 | 21.3812 | 21.2365 | |

- (G1.8) 목성 궤도의 이심률(eccentricity, e_j)을 구하시오. 8
- (G1.9) 목성의 근일점에서의 일심 황경 (ecliptic longitude, λ_p)을 구하시오. 5

| Month | Date | λ ($^{\circ}$) | Distance (AU) |
|-------|------|-----------------------------|------------------|
| June | 1 | 135.8870 | 5.1589731906 |
| June | 2 | 135.9339 | 5.1629499712 |
| June | 3 | 135.9806 | 5.1669246607 |
| June | 4 | 136.0272 | 5.1708975373 |
| June | 5 | 136.0736 | 5.1748689006 |
| June | 6 | 136.1200 | 5.1788390741 |
| June | 7 | 136.1662 | 5.1828084082 |
| June | 8 | 136.2122 | 5.1867772826 |
| June | 9 | 136.2582 | 5.1907461105 |
| June | 10 | 136.3040 | 5.1947153428 |
| June | 11 | 136.3496 | 5.1986854723 |
| June | 12 | 136.3951 | 5.2026570402 |
| June | 13 | 136.4405 | 5.2066306418 |
| June | 14 | 136.4857 | 5.2106069354 |
| June | 15 | 136.5307 | 5.2145866506 |
| June | 16 | 136.5756 | 5.2185705999 |
| June | 17 | 136.6202 | 5.2225596924 |
| June | 18 | 136.6647 | 5.2265549493 |
| June | 19 | 136.7090 | 5.2305575243 |
| June | 20 | 136.7532 | 5.2345687280 |
| June | 21 | 136.7970 | 5.2385900582 |
| June | 22 | 136.8407 | 5.2426232385 |
| June | 23 | 136.8841 | 5.2466702671 |
| June | 24 | 136.9273 | 5.2507334797 |
| June | 25 | 136.9702 | 5.2548156324 |
| June | 26 | 137.0127 | 5.2589200110 |
| June | 27 | 137.0550 | 5.2630505798 |
| June | 28 | 137.0969 | 5.2672121872 |
| June | 29 | 137.1384 | 5.2714108557 |
| June | 30 | 137.1795 | 5.2756542053 |
| July | 1 | 137.2200 | 5.2799520895 |
| July | 2 | 137.2600 | 5.2843175880 |
| July | 3 | 137.2993 | 5.2887686308 |
| July | 4 | 137.3378 | 5.2933308160 |
| July | 5 | 137.3754 | 5.2980426654 |
| July | 6 | 137.4118 | 5.3029664212 |
| July | 7 | 137.4467 | 5.3082133835 |
| July | 8 | 137.4798 | 5.3140161793 |
| July | 9 | 137.5116 | 5.3210070441 |
| July | 10 | 137.5628 | 5.3312091210 |
| July | 11 | 137.6898 | 5.3405592121 |
| July | 12 | 137.8266 | 5.3466522674 |
| July | 13 | 137.9599 | 5.3516661563 |
| July | 14 | 138.0903 | 5.3561848203 |
| July | 15 | 138.2186 | 5.3604205657 |
| July | 16 | 138.3453 | 5.3644742164 |

| Month | Date | λ ($^{\circ}$) | Distance (AU) |
|--------|------|-----------------------------|------------------|
| July | 17 | 138.4707 | 5.3684017790 |
| July | 18 | 138.5949 | 5.3722377051 |
| July | 19 | 138.7183 | 5.3760047603 |
| July | 20 | 138.8409 | 5.3797188059 |
| July | 21 | 138.9628 | 5.3833913528 |
| July | 22 | 139.0841 | 5.3870310297 |
| July | 23 | 139.2048 | 5.3906444770 |
| July | 24 | 139.3250 | 5.3942369174 |
| July | 25 | 139.4448 | 5.3978125344 |
| July | 26 | 139.5641 | 5.4013747321 |
| July | 27 | 139.6831 | 5.4049263181 |
| July | 28 | 139.8016 | 5.4084696349 |
| July | 29 | 139.9198 | 5.4120066575 |
| July | 30 | 140.0377 | 5.4155390662 |
| July | 31 | 140.1553 | 5.4190683021 |
| August | 1 | 140.2725 | 5.4225956100 |
| August | 2 | 140.3895 | 5.4261220723 |
| August | 3 | 140.5062 | 5.4296486357 |
| August | 4 | 140.6225 | 5.4331761326 |
| August | 5 | 140.7387 | 5.4367052982 |
| August | 6 | 140.8546 | 5.4402367851 |
| August | 7 | 140.9702 | 5.4437711745 |
| August | 8 | 141.0856 | 5.4473089863 |
| August | 9 | 141.2007 | 5.4508506867 |
| August | 10 | 141.3157 | 5.4543966955 |
| August | 11 | 141.4303 | 5.4579473912 |
| August | 12 | 141.5448 | 5.4615031166 |
| August | 13 | 141.6591 | 5.4650641822 |
| August | 14 | 141.7731 | 5.4686308707 |
| August | 15 | 141.8869 | 5.4722034391 |
| August | 16 | 142.0006 | 5.4757821220 |
| August | 17 | 142.1140 | 5.4793671340 |
| August | 18 | 142.2272 | 5.4829586711 |
| August | 19 | 142.3402 | 5.4865569133 |
| August | 20 | 142.4530 | 5.4901620256 |
| August | 21 | 142.5657 | 5.4937741595 |
| August | 22 | 142.6781 | 5.4973934544 |
| August | 23 | 142.7904 | 5.5010200385 |
| August | 24 | 142.9024 | 5.5046540300 |
| August | 25 | 143.0143 | 5.5082955377 |
| August | 26 | 143.1260 | 5.5119446617 |
| August | 27 | 143.2375 | 5.5156014948 |
| August | 28 | 143.3488 | 5.5192661222 |
| August | 29 | 143.4599 | 5.5229386226 |
| August | 30 | 143.5709 | 5.5266190687 |
| August | 31 | 143.6817 | 5.5303075275 |