

LI OLIMPIADA ASTRONOMICZNA (2007/2008)  
ZAWODY III STOPNIA

1. W wyniku oddziaływania promieniowania słonecznego zmieniają się parametry ruchu ciał Układu Słonecznego. Efekt ten dotyczy przede wszystkim ciał drobnych i bardzo drobnych, a samo zjawisko nazywa się zjawiskiem Jarkowskiego. Zmiany parametrów ruchu wynikają stąd, że średnia temperatura półkuli wschodniej jest wyższa od średniej temperatury półkuli zachodniej co powoduje powstanie wprawdzie bardzo słabej ale działającej stale siły zmieniającej odległość ciała od Słońca.

Przykładowo rozpatrz planetoidę o promieniu 25 m i średniej gęstości  $10^3 \text{ kg/m}^3$ , obiegającą Słońce w odległości 1 AU, obracającą się wokół osi prostopadłej do płaszczyzny swojej orbity i promieniującą jak ciało doskonale czarne. Przyjmując, że temperatura wschodniej półkuli planetoidy wynosi średnio 300 K, a półkuli zachodniej 280 K, oblicz prędkość zmian odległości planetoidy od Słońca.

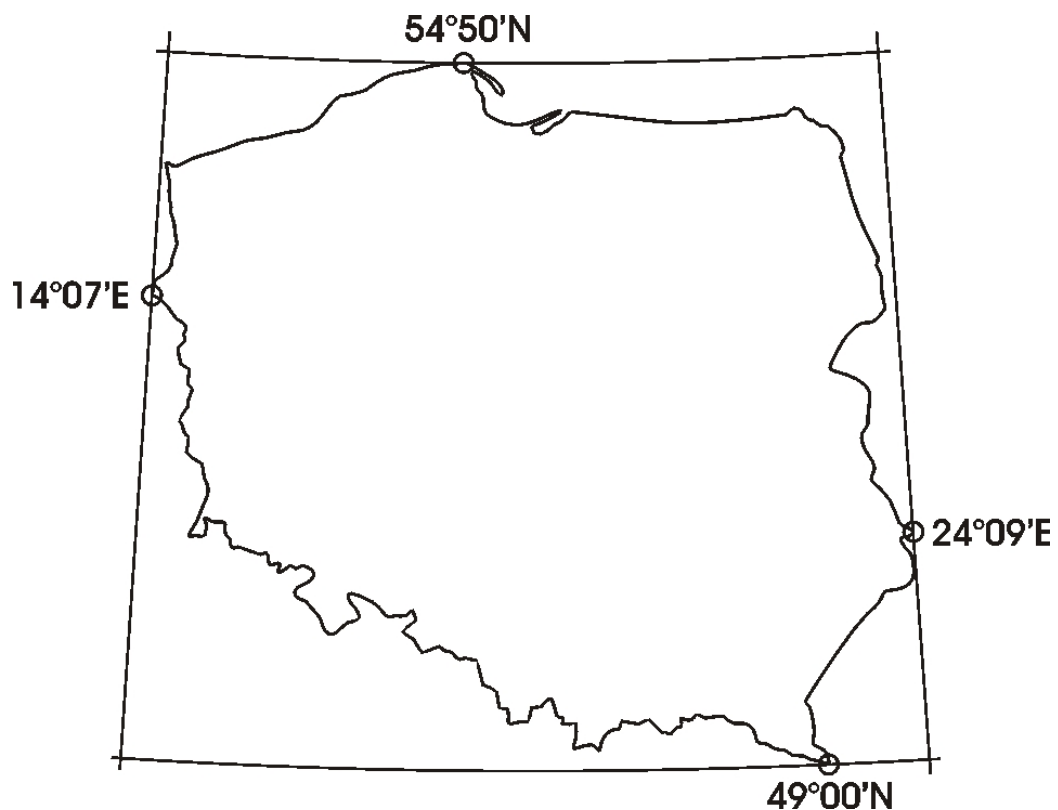
Uwaga

Siłę można opisać, jako zmianę pędu, natomiast związek między pędem a energią w przypadku fotonu wyraża wzór  $p = E/c$ , gdzie  $c$  jest prędkością światła.

2. Czy z terenu Polski (rys.1), można było zaobserwować zachód Wenus w drugiej połowie nocy 10/11 maja 2007 roku? Odpowiedź uzasadnij rachunkiem, przyjmując:

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{Sł}} &= 3^{\text{h}}10,0^{\text{m}}; & \delta_{\text{Sł}} &= +17^{\circ} 44', \\ \alpha_{\text{W}} &= 6^{\text{h}}12,8^{\text{m}}; & \delta_{\text{W}} &= +26^{\circ} 00'. \end{aligned}$$

Jakie warunki, o charakterze astronomicznym, powinny być spełnione, aby takie zjawisko (tzn. zachód Wenus w drugiej połowie nocy) można było zaobserwować z możliwie najmniejszej szerokości geograficznej półkuli północnej?



Rys.1.

3. Mając do dyspozycji lunetkę, poziomice, zegar i stoper wyznacz współrzędne horyzontalne Saturna (z podaniem czasu pomiaru) oraz kątową odległość Saturna od Regulusa. Opisz sposób postępowania i podaj konieczne uzasadnienia.

4. Od pewnego czasu mierzy się promieniowanie kosmiczne o ekstremalnie wysokich energiach pojedynczych cząstek. Panuje jednak dość powszechne przekonanie, że istnieje granica tej energii. Granica ta wynika stąd, że naładowana cząstka, a cząstki tego promieniowania są naładowane, o odpowiednio dużej energii będzie ją szybko tracić na generację par  $e^+/e^-$  w wyniku zderzeń z fotonami promieniowania tła czyli w wyniku reakcji  $p + \gamma = p + e^+ + e^-$ . Oszacuj wartość tej granicznej energii zakładając, że cząstką promieniowania kosmicznego jest proton.

Uwagi i wskazówki.

1. Zderzenia najwygodniej rozpatruje się w układzie współrzędnych w którym całkowity pęd układu jest równy zero. Dodatkowo w tym układzie i w tym przypadku, zderzenie fotonu z protonem generujące parę  $e^+/e^-$  można rozpatrywać nierelatywistycznie.
2. Temperatura promieniowania tła wynosi około 3 kelwinów i do oszacowania należy przyjąć foton o własnościach typowych dla tej temperatury.
3. Układy współrzędnych, ten w którym pęd jest równy zero i ten w którym temperatura wynosi 3K są drastycznie różne i przejście między nimi jest skrajnie relatywistyczne – jeżeli używasz obu to przechodząc od jednego do drugiego musisz użyć wzorów relatywistycznych.
4. Kalkulator nie poradzi sobie ze skrajnie nietypowymi liczbami jakie wystąpią w tym zadaniu. Część rachunków trzeba więc zrobić „na piechotę”. Być może przyda się następujący wzór dla małych  $x$ .

$$\sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{1}{2}x$$

Wzory i dane:

Prawo Wiena  $\lambda_{\max} \cdot T = b, \quad b = 2,898 \cdot 10^{-8} \text{ mK}$

Relatywistyczny wzór na przesunięcie dopplerowskie

$$\lambda = \frac{\lambda_0 \sqrt{1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2}}{\left(1 - \frac{u}{c}\right)}$$

masa protonu  $m_p \approx 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

masa elektronu  $m_e \approx 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

prędkość światła  $c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

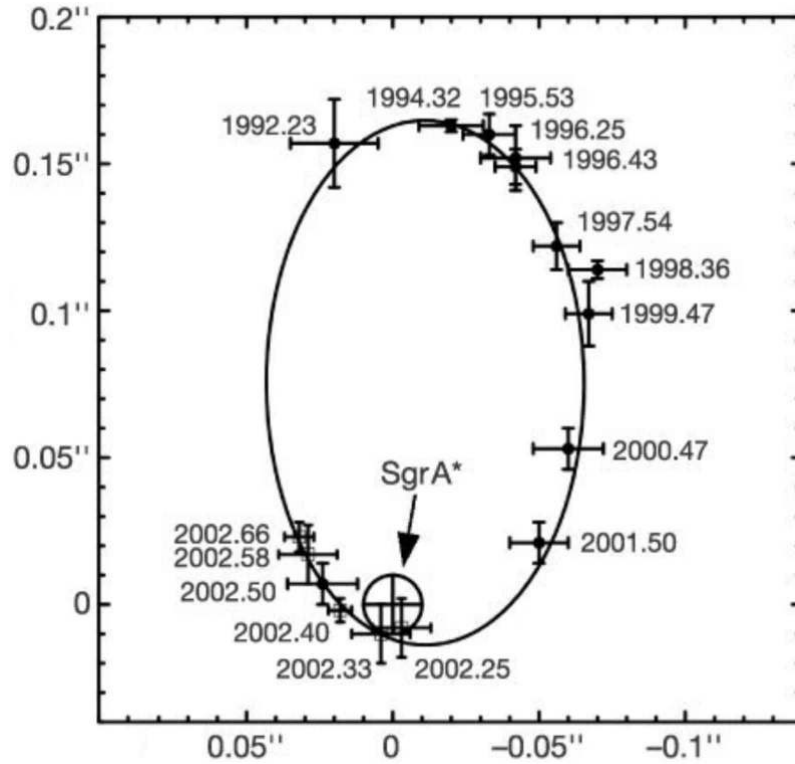
5. Załączone mapki<sup>\*)</sup> obejmują fragmenty sfery niebieskiej o powierzchni około  $24^\circ \times 30^\circ$  wokół Księżycy oraz czterech planet: Wenus, Marsa, Jowisza i Saturna. Obiekty te widoczne są na sztucznym niebie planetarium.

Po przeprowadzeniu ich identyfikacji, na każdej mapce:

- zaznacz położenie właściwego obiektu,
- podaj jego nazwę oraz współrzędne równikowe równonocne,
- wykreśl fragment ekliptyki mieszczący się na danej mapce,
- określ znak zodiaku, w którym obiekt przebywa.

<sup>\*)</sup> Nieodłącznym elementem zadania był wygląd sztucznego nieba planetarium. Uczestnikom odtworzono nocne niebo z dnia 3 marca 2004 r. w szerokości geograficznej  $+38^\circ$ .

6. Gwiazda oznaczona symbolem S2 obiega radioźródło Sgr A\* po orbicie eliptycznej. Załączony rysunek przedstawia obserwowaną orbitę tej gwiazdy. Zakładając, że emisja radiowa Sgr A\* jest związana z obecnością supermasywnej czarnej dziury położonej w centrum naszej Galaktyki, wyznacz masę tej czarnej dziury. Przyjmij, że kątowi 1 sekundy łuku (1") w odległości centrum Galaktyki, odpowiada odcinek o długości 0,112 roku świetlnego, a płaszczyzna orbity rzeczywistej gwiazdy S2 tworzy ze styczną do sfery kąt  $46^\circ$ .



Rys. 2.