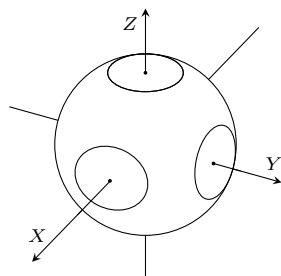


Rys. 17



Rys. 18

Przykład 15. Analogicznie możemy postąpić z klasyczną kulą jednostkową z przykładu 11(b) i przyciąć ją sześcianem (rys. 18). Zapewnia to norma

$$\|(x, y, z)\| = \max\left\{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}, \frac{4}{3} \max\{|x|, |y|, |z|\}\right\}.$$

W ten sposób możemy mikswować różne normy. Do tworzenia kul można wykorzystać powierzchnie obrotowe. W danej przestrzeni unormowanej od jednego kształtu kuli jednostkowej do innego kształtu tej kuli możemy przejść w sposób ciągły. Liczba kul jednostkowych o rozmaitych kształtach jest więc ogromna. Wyprawa do czterowymiarowej przestrzeni euklidesowej z normą $\|\cdot\|_2$, nawet w przypadku najprostszych figur – to fascynująca wyprawa pełna niespodzianek. . . Jaką objętość ma tam kula, jakie jest jej pole powierzchni? Co na ten temat możemy powiedzieć w przestrzeni \mathbb{R}^3 z innymi metrykami? Pytań jest wiele.

Czy do klasyfikacji przestrzeni można (jak?) wykorzystać własności kul? Okazuje się, że przestrzenie, w których kule nie mają „ostrzy”, „ostrzych krawędzi”, których brzegi nie zawierają odcinków, fragmentów płaszczyzny, mają więcej użytecznych własności. Lepiej to widać w przestrzeniach o nieskończonym wymiarze. Czytelnikom zainteresowanym tematem polecam lekturę książki: K. Goebel, S. Prus, *Elements of Geometry of Balls in Banach Spaces*, Oxford University Press, 2018.

Wycieczka na Merkurego

Lech FALANDYSZ

Merkury – u Greków Hermes – był boskim wysłannikiem, który przybywał na Ziemię i kontaktował się z ludźmi. Miał skrzydlaty kapelusz, czasem złote sandały ze skrzydłami, dzięki którym szybko przemieszczał się z miejsca na miejsce. Opiekował się pasterzami, pomagał podróżnym, kupcom i złodziejom. Jednak nie o rzymskim bogu chcemy pisać. Dziś Merkurem nazywamy planetę najbliższą Słońcu. Jego średnia odległość od Słońca wynosi około 0,39 AU (jednostki astronomicznej).

W 1974 roku w pobliżu Merkurego przeleciała Sonda „Mariner10”. Wykonała ona wiele pomiarów i fotografii. Teraz, po około 47 latach, gdy nastąpił dalszy postęp technologiczny, pokusimy się o znacznie bliższy „lot” – chcemy wylądować na planecie. Nasz statek kosmiczny i jego aparaty są w dużej części wykonane z rewelacyjnych materiałów – fulerenów – bardzo lekkich, bardzo wytrzymałych i mających niezwykle właściwości termiczne oraz elektryczne.

Na początek trzeba wybrać odpowiednią orbitę. Jeśli chcemy podróżować bez dużego balastu, jakim jest paliwo chemiczne, to wybrać należy lot beznapędowy po orbicie Hohmanna. Dokładny opis użycia tej eliptycznej orbity w lotach kosmicznych został przedstawiony w artykule „Wycieczka na Wenus”, Δ_{20}^{11} . Paliwo w mniejszej ilości potrzebne będzie do tego, by czasem skorygować ruch statku oraz regulować ruch lądownika planetarnego. Najpierw statek okrąży Ziemię bez napędu, jak satelita – na tzw. orbicie parkingowej.

Najdogodniejszym momentem wejścia na orbitę Hohmanna podczas lotu na Merkurego jest moment, gdy wyprzedza on Ziemię o 106° . Wtedy właśnie włączamy silniki i przyspieszamy. Po krótkim przyspieszeniu ruch odbywa się bez napędu silnikowego – napędza nas pole grawitacyjne Słońca. Orbita nasza ma aphelium na orbicie Ziemi, a peryhelium na orbicie Merkurego. Długość drogi do Merkurego – połowa długości elipsy – wynosi około 2,33 AU, a podróż potrwa 106 dni ziemskich (3,5 miesiąca). Merkury w tym czasie wykona około 1,2 obiegu (432°) wokół Słońca.

Jesteśmy już blisko planety i okrążamy ją po orbicie parkingowej jako tymczasowy sztuczny satelita. Drogą radiową przesyłamy wiadomość na Ziemię, która dojdzie tam po około 8 min i 40 s. W odpowiednim momencie od naszego statku odłącza się lądownik i opada na powierzchnię. Brak atmosfery nie daje możliwości wykorzystania spadochronu. Polegać musimy na hamującym działaniu silników.

Wreszcie wylądowaliśmy na rozległej równinie. To Równina Upału. Wyjście z lądownika byłoby aktem samobójczym. Aparaty wskazują temperaturę 450°C . Brak jest atmosfery. Tylko bardzo niewielka ilość cząstek α (jąder atomu helu) i innych cząstek pochodzących głównie z wiatru słonecznego tymczasowo „błąka się”

1 AU = 149 597 870 700 m

Garść informacji o Merkury: pośród planet ma on największą szybkość orbitalną – średnio ok. 48 km/s. Gdy jest w aphelium i w odpowiedniej konfiguracji względem Słońca i Ziemi, można zaobserwować jego oddalenie kątowe od Słońca (elongacja) dochodzące do ok. 28° . Przy peryhelium kąt ten dochodzi do ok. 18° . Na ogół Merkury widoczny jest przez krótki czas przed wschodem lub po zachodzie Słońca. Jego blask jest taki jak jasnych gwiazd. Z Ziemi nie można dostrzec szczegółów powierzchni planety. Wiemy, że z powodu bliskości Słońca musi być tam wysoka temperatura. Przy średnicy 2,6 razy mniejszej niż średnica Ziemi, planeta ma niewielką masę – ok. 5,5% masy Ziemi. Jej pole grawitacyjne jest zbyt małe, by utrzymać gorącą atmosferę.

przy planecie, by później oddalić się w przestrzeń kosmiczną. Prędkość ucieczki z powierzchni tej niewielkiej planety wynosi przecież tylko 4,3 km/s. A więc cząsteczki prędzej czy później „uciekną” od niej. Oprócz tzw. wiatru słonecznego, składającego się z różnych cząstek o dużych energiach, do powierzchni planety dochodzi również szkodliwe promieniowanie elektromagnetyczne. Jest to promieniowanie gamma oraz promieniowanie rentgenowskie. Oba te promieniowania są przenikliwe i bardzo szkodliwe dla ludzkiego organizmu.

Ważymy tu 38% tego co na Ziemi. Równina Upału, na której wylądowaliśmy, ma około 1300 km średnicy i prawdopodobnie powstała wskutek uderzenia olbrzymiego meteorytu. Na powierzchni Merkurego znajdują się też Równina Południowa i Równina Północna. Otoczone są one pierścieniami gór – Góry Północne i Góry Południowe. Widzimy liczne kratery. Zarówno pierścieniowe góry, jak i kratery powstały na skutek działalności wulkanicznej oraz uderzeń meteorytów. Wielkie kratery otrzymały nazwy pochodzące od nazwisk wybitnych ludzi, np: Bach, Chopin, Cervantes, Czajkowski, Homer, Michał Anioł, Kuiper, Mozart, Paderewski. Wskutek częstych uderzeń meteorytów powierzchnia planety pokryta jest regolitem – drobnymi okruchami i odłamkami skalnymi, oraz pyłem. Powierzchnia jest popękana, ze szczelinami i kraterami różnych wielkości, lecz w dużej części nieco wygładzona wulkaniczną magmą.

Łądownik przemieszcza się, a jego aparaty badają otoczenie i pobierają próbki gruntu. Wjeżdżamy na gładką kilkumetrowej szerokości powierzchnię i mamy niespodziankę. Powierzchnia jest miękka, łądownik zaczyna brodzić w gęstej i gorącej mazi. Mamy kłopot z wydostaniem się z tej pułapki, ale udało się. Okazało się, że wjechaliśmy na „zamaskowaną” pyłem powierzchnię dużej kałuży roztopionej cyny, a może ołowiu. Metale te mają temperatury topnienia 232°C i 327°C. W takich kałużach nawet kamienie utrzymują się na powierzchni, tylko częściowo zanurzone, gdyż ich gęstość jest mniejsza od gęstości roztopionego metalu. Jesteśmy ostrożni. Ale czy ostrożność – nawet największa – uchroni nas od niebezpieczeństw? Bo oto, gdy po przygodzie z kałużą roztopionego metalu łądownik stoi, a my odpoczywamy, Merkurjusz znów nam płata figla. Nagle zatrzęsł się grunt! Zatrzęsł się też łądownik i my razem z nim. W pobliżu uderzył meteoryt. Bryła skalna pędząca z szybkością kilkakrotnie większą od szybkości pocisków wybiła w gruncie krater. Ponad nim wznosi się wysoki i szeroki słup pyłu, który przez dłuższy czas będzie powoli opadał na powierzchnię i na nasz łądownik. Jak uchronić się od uderzeń meteorytowych? Gdzie spadnie następny?

Po tych przygodach decydujemy się ruszyć w dalszą drogę. Podróż nie jest łatwa. Koła łądownika napotykają na pęknięcia i szczeliny, niektóre szerokie i głębokie. Trzeba ostrożnie manewrować. Gdyby łądownik wpadł w jedną z nich, byłby to co najmniej wielki kłopot.

Temperatura na Merkurjusz nie jest jednakowa i zależy od kąta padania promieni słonecznych. Im dalej od równika, tym niższa temperatura. Okres obiegu planety i jej rotacja wokół osi są ze sobą tak zsynchronizowane, że przez jeden rok planety (88 dni ziemskich) jest dzień, a przez następny rok noc (gdy obserwator stoi w miejscu). Lecz oto skończył

się dzień, Słońce zaszło. Temperatura nagle spadła. Jest już poniżej 0°C i po jakimś czasie w najchłodniejszym momencie nocy temperatura spada do -170°C. Już dawno zamarzyły kałuże ołowiu i cyny. Gdybyśmy zostali w tamtej kałuży, teraz, na długą noc, zniewoliłaby nas, uniemożliwiając ruch. Łądownik byłby „przylutowany” do ołowianego lub cynowego podłoża.

Chcemy obejrzeć wschód Słońca, ale 88 dni ziemskich to zbyt długi czas oczekiwania. Mamy jednak na to radę – posiadamy przecież silniki rakietowe. Już po chwili za ich pomocą dość szybko pędzimy w kierunku wschodnim, łądowny i czekamy na wschód Słońca. Na Ziemi Słońce wstaje w otoczeniu kolorowych chmur. A jak będzie tutaj, na Merkurjusz?

Na tle czarnego nieba widać dużo gwiazd, więcej niż widzimy z powierzchni Ziemi. Nagle ukazuje się brzeg tarczy słonecznej zabarwiony w niektórych miejscach czerwonymi niewielkimi płomykami protuberancji (wybuchów słonecznych). Tarcza słoneczna już wyszła ponad horyzont i jest wielka – ponad trzykrotnie większa niż widoczna z Ziemi. To wielka kula gorącej plazmy i ognia, w której zachodzą różne burzliwe procesy. To jakby naturalny reaktor termojądrowy, w którego wnętrzu zachodzą przemiany wodoru w hel. Ze strony tej dużej rozpalonej kuli w przestrzeń wysyłane są promienie i gorąca plazma. Plazma ta, złożona z szybkich cząstek, odwiedza okolice planet jako tzw. wiatr słoneczny. Teraz Merkurjusz spłatał nam kolejnego figla. W swoim ruchu orbitalnym zbliża się do peryhelium i ma coraz większą prędkość. Przy pewnej szybkości – jeszcze mniejszej od maksymalnej – jego prędkość kątowna zrównała się z kątowną prędkością przesuwania się tarczy słonecznej. W tym momencie widzimy, jak na czarnym tle nieba tarcza słoneczna zatrzymała się, a następnie zaczęła się cofać i wreszcie schowała się pod horyzont, skąd wcześniej wyszła.

Znów jest noc. Po kilku dniach ziemskich tarcza słoneczna powtórnie wschodzi i teraz już bez niespodzianek przemieszcza się ku zachodowi. Gdybyśmy na dużej zostali w tym miejscu, mielibyśmy długi dzień merkurjuszki – trwający 88 dni ziemskich, równy długości roku na Merkurjusz. Temperatura gruntu szybko rośnie; topnieje cyna i ołów, a wiemy, że będzie jeszcze goręcej. Na czarnym niebie w ciągu dnia oprócz Słońca widać gwiazdy. Gwiazdny firmament przemieszcza się ku zachodowi 3-krotnie szybciej niż tarcza słoneczna.

Niestety czas wracać na Ziemię. Startujemy na orbitę parkingową i łączymy się z naszym statkiem. Przez jakiś czas krążymy wokół planety, czekając na odpowiedni moment do wejścia na eliptyczną orbitę Hohmanna, która będzie naszą drogą do domu. Mamy wciąż łączność radiową z Ziemią. Fala radiowa „biegnie” do niej w zakresie czasowym od około 6,5 min do 10 min, w zależności od oddalenia Ziemi od nas. Widzimy dwie bardzo jasne planety – Wenus i Ziemię. Co 579 dni ziemskich z powierzchni Merkurego można podziwiać koniunkcję Wenus i Ziemi. Planety wówczas widoczne są obok siebie, a łączny ich blask potęguje się i ponagla nas, by powrócić do domu. Wchodzimy na orbitę powrotną i pędzimy na spotkanie z Ziemią – błękitną kolebką ludzkości.