

Tadeusz A. PRZYLIBSKI¹

Meteoroid i meteoryt. Powrót do podstaw i definicji

Meteoroid and meteorite. Back to basics and definitions

Abstract: As a result of the discussion of the wording contained in the latest definitions of a meteoroid and a meteorite and related terms existing in scientific sources, the author slightly modified these definitions. Modifications were made in such a way that the definitions became more unambiguous and universal, and thus could refer to meteorites of any origin on any bodies of any planetary system. Ultimately, these definitions were formulated as follows:

Meteoroid: A 10⁻⁶ m to 1-meter-size solid object of natural origin moving in interplanetary space or coming from space and moving through an atmosphere. Meteoroids may be primary objects or derived by the fragmentation of larger celestial bodies, not limited to asteroids, but also including moons, planets, etc. **Micrometeoroid:** A meteoroid between 10⁻⁶ m and 2 mm in size.

Meteorite: A natural solid object larger than 10⁻⁶ m in size, derived from a celestial body (or being a celestial body itself), that was transported by natural means from the body on which it formed to a region outside the dominant gravitational influence of that body, and that later collided with a natural or artificial body larger than itself (even if it is the same body from which it was launched). Weathering processes do not affect an object's status as a meteorite as long as something recognizable remains of its original minerals or structure. An object loses its status as a meteorite if it is incorporated into a larger rock that becomes a meteorite itself. **Micrometeorite:** A meteorite between 10⁻⁶ m and 2 mm in size. **Interplanetary dust particle (IDP):** A particle smaller than 10⁻⁶ m in size moving in interplanetary space or coming from space and moving through an atmosphere. If such particles subsequently accrete to larger natural or artificial bodies, they are still called IDPs. The vaporised material after the meteor phase, that condenses into solid matter is called **meteoric smoke**.

Physical phenomena (light, heat, shock, ionization) resulting from the high-speed entry of a solid object from space into an atmosphere are called a **meteor**. Meteors can occur on any planet or moon with a sufficiently dense and thick atmosphere.

The advantage of defining the terms: meteoroid, meteorite and meteor separately and not linking these definitions to each other is the possibility of a more precise and logical definition of a meteoroid and a much broader, more universal definition of the term meteorite, not limiting it only to terrestrial conditions.

Keywords: Meteoroid, meteor, meteorite, interplanetary dust, meteoric smoke

¹ Politechnika Wroclawska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Katedra Górnictwa, Laboratorium Nauk o Ziemi i Inżynierii Mineralnej; Wybrzeże S. Wyspiańskiego 27; 50-370 Wrocław; e-mail: Tadeusz.Przylibski@pwr.edu.pl

Wstęp

Podawana w słowniku języka polskiego (SJP) definicja meteorytu „część meteoroidu, która nie spaliła się po wejściu do atmosfery ziemskiej i spadła na powierzchnię Ziemi” wydawała się autorowi całkiem rozsądna i precyzyjna. Wynikało z niej bowiem, że meteoroid, czyli „bryła kamienna lub metaliczna poruszająca się w przestrzeni kosmicznej” (SJP) kiedy wejdzie w atmosferę Ziemi i częściowo spłonie, w czasie spalania tworząc zjawisko meteoru, czyli „światły ślad znaczący na niebie drogę meteoroidu wpadającego do atmosfery ziemskiej, sprawiający wrażenie spadającej gwiazdy” (SJP), to pozostałość tej bryły po spaleniu spadnie na powierzchnię naszej planety i wówczas staje się meteorytem.

Okazuje się jednak, że nie dla wszystkich jest to równie oczywiste. Można za meteoryt uznać bowiem bryłę, która przestaje płonąć w atmosferze, a więc po zakończeniu zjawiska meteoru, i podlega już tylko spadkowi swobodnemu na powierzchnię Ziemi. Ponieważ ten spadek na powierzchnię jest już nieuchronny, więc można takie spadające i niepłonące już ciało nazwać meteorytem (IAU). Dla autora takie ciało, ponieważ wciąż pozostaje w ruchu względem powierzchni planety, jest nadal meteoroidem, który przestał płonąć i staje się meteorytem w momencie osiągnięcia powierzchni litosfery, czyli fizycznego kontaktu z powierzchnią planety (wliczając w tę powierzchnię dachy budynków, szklarni, wierzchołki tyczek od pomidorów, czy linek naciągających siatki na boiskach do siatkówki plażowej, samoloty, balony etc.). Od tego momentu ciało to (meteoryt) porusza się w przestrzeni kosmicznej z identycznymi parametrami ruchu, jak planeta (księżyc, lub inne małe ciało), na powierzchnię której spadło, w powierzchnię, której uderzyło lub się zaryło (meteoryt). Dotyczy to także obiektów latających, które zmuszone są do wylądowania na powierzchni. Problem definiowania pojęć jest zagadnieniem wymagającym uwzględnienia wielu aspektów i takiego ostatecznego sformułowania, aby końcowa definicja była dla wszystkich zrozumiała, krótka, precyzyjna i jednoznaczna. Typowymi przykładami są powszechnie przyjmowane definicje pojęć, a zwłaszcza wielkości fizycznych.

Najszersza zatem, obejmująca wszelkie możliwe przypadki, definicja powinna obejmować meteoryty o dowolnym pochodzeniu (planetarne, księżycowe, planetoidalne (asteroidalne), czy pochodzące z pierścieni planetarnych), a także spadające na dowolne ciało (planety, księżyce, planetoidy (asteroidy) i inne ciała większe od samego meteorytu). Należy zaznaczyć także, że możemy mieć do czynienia z ziemskim meteorytem, który spadł na Ziemię, jeśli skała ziemska uwolniła się spod grawitacyjnego oddziaływania Ziemi, a następnie spadła na jej powierzchnię (Rubin i Grossman 2010).

Celem autora jest zaproponowanie definicji meteorytu i meteoroidu, które będą zgodne z dotychczasowymi definicjami, intuicją i zdrowym rozsądkiem, ale też obejmą możliwie szerokie spektrum ciał macierzystych, jak i ciał, na które spadają meteoryty. Ma to znaczenie obecnie, kiedy znajdujemy meteoryty nie tylko na powierzchni Ziemi, ale także na powierzchni Marsa, a ich znalezienie na powierzchni Księżyca i innych ciał Układu Słonecznego pozostaje zapewne tylko kwestią czasu.

Dyskusja

Punktem wyjścia do dyskusji będą dwie najnowsze definicje meteorytu i meteoroidu, które udało się znaleźć autorowi w źródłach naukowych. Pierwsza z nich, bardziej geologiczna (geofizyczna), pochodzi z artykułu opublikowanego w bardzo liczącym się w meteorytyce czasopiśmie naukowym *Meteoritics & Planetary Science* (Rubin i Grossman, 2010). Druga natomiast definicja pochodzi ze strony internetowej Międzynarodowej Unii Astronomicznej, a więc jest poparta autorytetem astronomii (IAU).

Definicja pierwsza:

Meteoroid: A 10⁶ m to 1-meter-size natural solid object moving in interplanetary space. Meteoroids maybe primary objects or derived by the fragmentation of larger celestial bodies, not limited to asteroids. **Micrometeoroid:** A meteoroid between 10⁶ m and 2 mm in size. **Meteorite:** A natural solid object larger than 10⁶ m in size, derived from a celestial body, that was transported by natural means from the body on which it formed to a region outside the dominant gravitational influence of that body, and that later collided with a natural or artificial body larger than itself (even if it is the same body from which it was launched). Weathering processes do not affect an object's status as a meteorite as long as something recognizable remains of its original minerals or structure. An object loses its status as a meteorite if it is incorporated into a larger rock that becomes a meteorite itself. **Micrometeorite:** A meteorite between 10⁶ m and 2 mm in size. **Interplanetary dust particle (IDP):** A particle smaller than 10⁶ m in size moving in interplanetary space. If such particles subsequently accrete to larger natural or artificial bodies, they are still called IDPs.

Definicja druga:

When we see the light crossing the night sky from the high-speed entry of a solid object from space into our atmosphere — that is what is called a **meteor**, specifically the light and all associated physical phenomena (like heat, shock, ionization). Meteors can occur on any planet or moon with a sufficiently dense atmosphere. The solid object itself moving through the atmosphere — that is a meteoroid. To be considered a **meteoroid**, it must be of natural origin and be roughly the size of between 30 micrometers and 1 meter. All the particles, generally smaller than meteoroids, coming from interplanetary space are called **interplanetary dust**. If the meteoroid survives the meteor phase without being completely vaporised, it is then called a **meteorite**. Also, after the meteor phase, the vaporised material that condenses into solid matter is called **meteoric smoke**.

Definicja pierwsza za meteoroid przyjmuje ciało znajdujące się w przestrzeni międzyplanetarnej, natomiast meteorytem nazywa to samo ciało po kolizji z każdym naturalnym lub sztucznym ciałem większym od niego. W przypadku ciał pozbawionych atmosfery sprawa moim zdaniem nie budzi żadnych wątpliwości. Natomiast pozostaje niewyjaśniona kwestia nazwy meteoroidu, który wchodzi

w atmosferę planety lub księżyca. Według definicji pierwszej nie jest już meteoroidem, bo nie znajduje się w przestrzeni międzyplanetarnej.

Jednak według drugiej definicji meteoroid po wejściu z przestrzeni międzyplanetarnej do atmosfery nadal jest meteoroidem. Według tej definicji jest nim tak długo, aż skończy się spalać, skończy się zjawisko bolidu lub meteoru. Dlaczego jednak przestaje być meteoroidem w chwili zaniku zjawiska meteoru? Co takiego dzieje się wówczas z meteoroidem, że zmienia się jego klasyfikację z meteoroidu na meteoryt? Czy zmieniają się jego cechy fizyczne lub skład chemiczny akurat w tym momencie? Nie. Zmieniają się jedynie parametry jego ruchu, ale względem ciała, z którego naturalną lub sztuczną powierzchnią się zderzy nadal pozostaje w ruchu. Wreszcie druga definicja zupełnie nieprecyzyjnie definiuje pojęcie meteorytu. Bo jak zdefiniować meteoryt, który nie jest pozostałością meteoroidu wywołującego zjawisko meteoru? Druga definicja nie obejmuje zatem w ogóle meteorytów uderzających w powierzchnię planet i księżyców pozbawionych atmosfery, lub posiadających tak cieką i rzadką atmosferę, że meteoroid nie ulega spalaniu, a więc nie powoduje zjawiska meteoru.

Każda z dwóch definicji jest według mnie niepełna, ale łącząc je i uzupełniając można osiągnąć rozsądny kompromis. Moim zdaniem meteoroidem należałoby nazwać ciało, przyjmując jego pochodzenie i wielkość z pierwszej definicji, rozszerzając ją o cechę z drugiej definicji, tzn. lecący w atmosferze meteoroid pozostaje meteoroidem, ale nie tylko do końca fazy meteoru (bolidu), ale do momentu uderzenia w powierzchnię naturalną lub sztuczną większego od niego ciała. Dopiero ten moment zmienia w istotny sposób charakterystykę ruchu meteoroidu (charakterystyka fizyko-chemiczna samego ciała się praktycznie nie zmienia). Taka definicja rozszerza pojęcie meteoroidu, ale też jednocześnie pozwala precyzyjnie zdefiniować pojęcie meteorytu w momencie, kiedy meteoroid zderza się z ciałami większymi od niego a pozbawionymi atmosfery lub z atmosferami tak ciekimi i rzadkimi, że nie powodują one spalania powierzchni meteoroidu. Dzięki temu pojęcie meteoroidu jest bardziej precyzyjne, a definicja meteorytu obejmuje meteoroidy i planetoidy (asteroidy) zderzające się praktycznie z dowolnym innym ciałem każdego układu planetarnego, nie tylko słonecznego.

Pozostają jeszcze kwestie związane z największymi meteorytami, które są większe niż przewiduje to definicja meteoroidu, czyli ciała o wymiarach większych niż 1 metr (np. meteoryt Hoba lub Willamette). Wówczas należałoby uznać, że ciałem, z którego powstaje meteoryt może być nie tylko meteoroid, ale także planetoida (asteroida). Według pierwszej definicji jednak problem ten w ogóle nie występuje. Jest to zatem kolejny słaby punkt definicji zaproponowanej przez Międzynarodową Unię Astronomiczną. Pozostaje także ustalić wspólną granicę minimalnych wymiarów meteorytu. Dla autora wymiary z pierwszej definicji są bardziej przekonujące, aczkolwiek górna granica jednego metra występuje w obu definicjach, a różnice dotyczą tylko granicy dolnej. Wydaje się także, że wielką zaletą jest oderwanie definicji meteorytu od definicji meteoroidu i meteoru. Osobne, niezwiązane charakterystyką, potraktowanie tych dwóch różnych ciał i zjawiska zachodzącego tylko w odpowiednio grubej i gęstej atmosferze pozwala

swobodnie rozszerzyć definicję meteoroidu i uczynić definicję meteorytu znacznie bardziej uniwersalną, nie ograniczoną już tylko do warunków ziemskich.

Wnioski

Zatem ostatecznie definicje meteoroidu i meteorytu oraz związanych z nimi pojęć można zdaniem autora przedstawić następująco.

Meteoroid: Stały obiekt o wielkości od 10 m do 1 metra pochodzenia naturalnego, poruszający się w przestrzeni międzyplanetarnej lub przybywający z kosmosu i poruszający się w atmosferze. Meteoroidy mogą być obiektami pierwotnymi lub pochodzą z fragmentacji większych ciał niebieskich, nie tylko z planetoid, ale także z księżyców, planet, itp. **Mikrometeoroid:** meteoroid o wielkości od 10 m do 2 mm. **Meteoryt:** naturalny obiekt stały o rozmiarach większych niż 10 m, powstały z ciała niebieskiego (lub sam będący ciałem niebieskim), który został przeniesiony w naturalny sposób z ciała, na którym się uformował, do obszaru poza dominującym wpływem grawitacyjnym tego ciała, a później zderzył się z naturalnym lub sztucznym ciałem większym od niego samego (nawet jeśli jest to to samo ciało, z którego został wystrzelony). Procesy wietrzenia nie wpływają na status obiektu jako meteorytu, o ile coś rozpoznawalnego pozostaje z jego pierwotnych minerałów lub struktury. Obiekt traci status meteorytu, jeśli zostanie włączony do większej skały, która sama stanie się meteorytem. **Mikrometeoryt:** meteoryt o wielkości od 10 m do 2 mm. **Cząstka pyłu międzyplanetarnego (IDP):** cząstka o rozmiarze mniejszym niż 10 m poruszająca się w przestrzeni międzyplanetarnej lub przybywająca z kosmosu i poruszająca się w atmosferze. Jeśli takie cząstki następnie na skutek akrecji łączą się z większymi naturalnymi lub sztucznymi ciałami, nadal nazywane są IDP. Odparowany materiał po fazie meteoru, który ulega kondensacji w materię stałą, nazywany jest **dymem meteorowym**.

Światło i wszystkie związane z nim zjawiska fizyczne (ciepło, szok, jonizacja), będące efektem szybkiego wejścia ciała stałego z kosmosu w atmosferę nazywamy **meteorem**. Meteory mogą wystąpić na dowolnej planecie lub księżycu z wystarczająco gęstą i grubą atmosferą.

Osobne potraktowanie definicji meteoroidu, meteoru i meteorytu, a więc dwóch różnych ciał i zjawiska fizycznego, pozwala rozszerzyć definicję meteoroidu, ale przede wszystkim uczynić definicję meteorytu znacznie bardziej uniwersalną, nie ograniczoną już tylko do warunków ziemskich.

Podziękowania

Pragnę podziękować Pani Recenzent, Dr Jadwidze Białej za bardzo konstruktywną recenzję, dzięki której mój artykuł mógł przybrać obecną formę.

Streszczenie

W wyniku dyskusji sformułowań zawartych w najnowszych definicjach meteoroidu i meteorytu oraz związanych z nimi pojęć, które można znaleźć w źródłach naukowych autor zmodyfikował nieznacznie te definicje. Modyfikacje zostały dokonane w taki sposób, aby definicje stały się bardziej

jednoznaczne i uniwersalne, a dzięki temu mogły odnosić się do meteorytów o dowolnym pochodzeniu na dowolnych ciałach dowolnego układu planetarnego. Ostatecznie definicje te sformułowano następująco:

Meteoroid: Stały obiekt o wielkości od 10 m do 1 metra pochodzenia naturalnego poruszający się w przestrzeni międzyplanetarnej lub przybywający z kosmosu i poruszający się w atmosferze. Meteoroidy mogą być obiektami pierwotnymi lub pochodzą z fragmentacji większych ciał niebieskich, nie tylko z planetoid, ale także z księżyców, planet, itp. **Mikrometeoroid:** meteoroid o wielkości od 10 m do 2 mm. **Meteoryt:** naturalny obiekt stały o rozmiarach większych niż 10 m, powstały z ciała niebieskiego (lub sam będący ciałem niebieskim), który został przeniesiony w naturalny sposób z ciała, na którym się uformował, do obszaru poza dominującym wpływem grawitacyjnym tego ciała, a później zderzył się z naturalnym lub sztucznym ciałem większym od niego samego (nawet jeśli jest to to samo ciało, z którego został wystrzelony). Procesy wietrzenia nie wpływają na status obiektu jako meteorytu, o ile coś rozpoznawalnego pozostaje z jego pierwotnych minerałów lub struktury. Obiekt traci status meteorytu, jeśli zostanie włączony do większej skały, która sama stanie się meteorytem. **Mikrometeoryt:** meteoryt o wielkości od 10 m do 2 mm. **Cząstka pyłu międzyplanetarnego (IDP):** cząstka o rozmiarze mniejszym niż 10 m poruszająca się w przestrzeni międzyplanetarnej lub przybywająca z kosmosu i poruszająca się w atmosferze. Jeśli takie cząstki następnie na skutek akrecji łączą się z większymi naturalnymi lub sztucznymi ciałami, nadal nazywane są IDP. Odparowany materiał po fazie meteoru, który ulega kondensacji w materię stałą, nazywany jest **dymem meteorowym**.

Zjawiska fizyczne (światło, ciepło, szok, jonizacja), będące efektem szybkiego wejścia ciała stałego z kosmosu w atmosferę nazywamy **meteor**em. Meteory mogą wystąpić na dowolnej planecie lub księżycu z wystarczająco gęstą i grubą atmosferą.

Zaletą osobnego zdefiniowania pojęć: meteoroid, meteoryt i meteor oraz niewiązania tych definicji wzajemnie ze sobą jest możliwość bardziej precyzyjnego i logicznego zdefiniowania pojęcia meteoroid oraz znacznie szerszego, bardziej uniwersalnego zdefiniowania pojęcia meteoryt, nie ograniczające go tylko do warunków ziemskich.

Słowa kluczowe: Meteoroid, meteor, meteoryt, pył kosmiczny, dym meteorowy

Literatura

IAU, Strona Międzynarodowej Unii Astronomicznej

https://www.iau.org/public/themes/meteors_and_meteorites/ (dostęp 28.11.2022)

Rubin A.E., Grossman J.N., 2010, *Meteorite and meteoroid: New comprehensive definitions*, Meteoritics & Planetary Science, 45(1), s. 114–122.

SJP, Słownik języka polskiego PWN, <https://sjp.pwn.pl>, wersja internetowa; dostęp 28.11.2022.