



WSZECHSWIAT

TYGODNIK POPULARNY, POŚWIĘCONY NAUKOM PRZYRODNICZYM.

PRENUMERATA „WSZECHSWIATA“.

W Warszawie: rocznie rs. 8 kwartalnie „ 2
Z przesyłką pocztową: rocznie rs. 10 półrocznie „ 5

Prenumerować można w Redakcyi „Wszecchswiata“
 i we wszystkich księgarniach w kraju i zagranicą.

Komitet Redakcyjny Wszecchswiata stanowią Panowie:
 Deike K., Dickstein S., Hoyer H., Jurkiewicz K.,
 Kwieńniewski Wł., Kramsztyk S., Morozewicz J., Na-
 tanson J., Sztolcman J., Trzeński W. i Wróblewski W.

Adres Redakcyi: Krakowskie-Przedmieście, Nr 66.

O ROZMIARACH GWIAZD.

Aby mieć pojęcie o rzeczywistych rozmiarach gwiazd stałych, lub o ilości światła i ciepła, jaką gwiazdy wysyłają w przestrzenie świata, konieczną jest znajomość ich odległości od nas, gdyż jasność i wielkość ciał odległych zależną jest od odległości tych ciał w daleko wyższym stopniu, niż od ich rzeczywistych rozmiarów. Ścisłejsze zatem poszukiwania nad rozmiarami gwiazd dotychczas mogą jedynie tych niewielu, których paralaksa jest znaną. Gdybyśmy mogli gwiazdy z ziemi obserwować jako małe tarcze, obrachowanie ich wielkości rzeczywistej przy znanej odległości byłoby rzeczą bardzo łatwą. Wiemy jednakże, że nawet przy pomocy najsilniejszych teleskopów widziane gwiazdy wydają się bezwymiarowymi punktami i dlatego jesteśmy w stanie tylko obrachować granicę rozmiarów rzeczywistych gwiazdy, przy których gwiazda z danej odległości musiałaby być widzianą jako mała tarcza. Tak, na przykład, najbliższa gwiazda α Centaura

musiałaby posiadać średnicę przeszło 3 miliony mil długą, aby przez najsilniejsze teleskopy mogła być obserwowaną jako mała tarcza; ponieważ jednakże widzimy ją zawsze tylko jako punkt, średnica jej istotna musi być zatem mniejszą od powyższej krańcowej. Dalszych wskazówek dostarczyć nam może fotometrycznie wymierzona jasność gwiazdy. Ponieważ gwiazdy stałe są ciałami tego samego porządku, co słońce, więc za jedną zasadniczą w badaniach, dotyczących rozmiarów gwiazd stałych, najwygodniej używać rozmiarów naszego słońca. Słońce rzeczywiście wydaje się punktem świecącym z odległości tych gwiazd, które dla obserwatora, umieszczonego na równiku słońca, nie zdradzają śladu paralaksy, odpowiadającej obrotowi słońca naokoło osi. Średnica słońca przeszło 200 razy mniejszą jest od przeciętnej średnicy ekliptyki, skutkiem czego paralaksa gwiazd, obserwowana z równika słońca, tyleż razy mniejsza jest od paralaksy rocznej gwiazd, obserwowanej z ziemi; największa ze znanych paralaksy gwiazdy α Centaura, wynosząca $0,75''$, dla mieszkańca słońca wynosiłaby zaledwie około $0,0035''$, a zatem przy pomocy takich instrumentów, jakie my posiadamy, nie mogłaby być dostrzeżoną. Jeżeli paralaksę, wynoszącą $0,02''$,

uważać będziemy za najmniejszą, jaką jeszcze wymierzyć jesteśmy w stanie, wypadnie, że już z odległości $5\frac{1}{2}$ raza mniejszej, aniżeli odległość α Centaura, słońce nasze byłoby punktem bez żadnych wymiarów, miałoby zatem postać gwiazdy. Jeżeliby jasność słońca, widzianego z odległości $5\frac{1}{2}$ raza mniejszej, aniżeli odległość α Centaura, miała jasność Syryusza, widzianego z ziemi, to w odległości α Centaura jasność ta zmniejszałaby się w stosunku do kwadratu z $5\frac{1}{2}$, t. j. słońce byłoby już 30 razy mniej jasne od Syryusza i pod względem blasku dorównywałoby prawie gwiazdom dyszla Wielkiego wozu. Badania fotometryczne wykazały, że od α Centaura otrzymujemy 21 655 000 000-ową część ilości światła słonecznego; jeżeli zatem przypuścimy, że słońce umieszczone zostało w odległości α Centaura, t. j. mniej więcej 252 500 razy dalej niż dzisiaj, jasność jego zmniejszałaby się w stosunku $(252\,500)^2$, byłaby zatem około 3,4 razy mniejszą od jasności α Centaura. Jeżeli jeszcze uwzględnimy możliwość absorpcji światła w przestrzeni, to wypłynie, że α Centaura w rzeczywistości jest słońcem przynajmniej 3,4 raza jaśniejszem od naszego słońca.

Według najnowszych badań fotometrycznych α Centaura jest gwiazdą 0,7 wielkości. Przy zastosowaniu ogólnie przyjętej w astrofotometrii skali, według której gwiazda każdej następnej klasy jest 2,51 razy (liczba, której logarytm = 0,400) mniej jasną od gwiazdy poprzedniej klasy, Syryusz jest gwiazdą wielkości —1,4. Gwiazda α Centaura w odległości Syryusza, ponieważ ten znajduje się 2 razy dalej, miałaby jasność 4 razy mniejszą niż posiada teraz, a zatem byłaby, jak łatwo wyrachować, 27,7 razy mniej jasną od Syryusza. Ponieważ zaś α Centaura 3,4 raza przewyższa jasnością nasze słońce, więc światło Syryusza równa się $27,7 \times 3,4 = 94$ -krotnemu światłu naszego słońca. W podobny sposób można obrachować, jaką jasność posiadałyby inne gwiazdy, których paralaksa jest znaną, gdyby je przeniesiono na odległość słońca. Przyjmując za jedność jasności słońce, jasność niektórych gwiazd wyraża się przez następujące liczby:

Arktur	5 370
γ Kassyopei . .	4 376
α Okrętu Argo .	3 508
β Bliźniąt . . .	284,5
Koza	258,3
Wega	134,6
Regulus	124,8
Aldebaran . . .	92,7 lub 5,8 ¹⁾
α Herkulesa . .	52,8
γ Smoka	52,0
Procyon	36,7
Atair	36,1
α Bliźniąt . . .	20,75
β Kassyopei . .	17,7
Nr 1 830 katalogu	
Groombridgea .	1,96

Z tabelki powyższej widzimy, że nawet pośród najbliższych nam gwiazd 1-ej i 2-ej wielkości nie znajdujemy takiej, której jasność rzeczywista byłaby mniejszą od jasności naszego słońca lub jej równą, a są pomiędzy nimi takie, które pod tym względem tysiące razy przewyższają słońce. W daleko wyższym stopniu dotyczy to gwiazd dalszych, posiadających paralaksę znikomo małą, do których z gwiazd 1-ej wielkości należą: Rigel, Betelgeuze, Achernar, α Krzyża, Antares, Kłos, Fomalhaut. Wszystkie to gwiazdy są słońcami jeszcze znacznie bogatszymi w światło od Arktura. Jeżeli zatem dla mieszkańca Neptuna, który znajduje się 30 razy dalej od słońca niż ziemia, słońce świeci tylko 900-ną częścią tego blasku, którym nas obdarza, i jasność dnia na Neptunie tylko 900 razy przewyższa jasność naszych nocy księżycowych, to w układzie np. Arktura planeta, znajdująca się od niego w odległości $2\frac{1}{2}$ raza większej, aniżeli odległość Neptuna od słońca, będzie jeszcze otrzymywała od swego słońca tyle światła, ile go ziemia otrzymuje od naszego słońca. Układy tych olbrzymich słońc musiałyby zatem być nader rozległe, ażeby w nich możliwem było życie w warunkach, podobnych do warunków naszego życia.

Nie należy jednakże sądzić, że nasze słońce zajmuje już ostatnie miejsce pośród

¹⁾ Stosownie do paralaksy 0,12" lub 0,52", otrzymanej dla tej gwiazdy.

wszystkich słońc wszechświata. Rachunek, przeprowadzony dla mniejszych gwiazd, których paralaksy są znane, daje następujące rezultaty:

η Herkulesa . . .	$3/4 \odot$
ϵ Indyanina . . .	$2/3$
μ Kassiopei . . .	$1/3$
61 Łabędzia . . .	$1/5$
Nr 1618 katalogu	
Groombridgea . . .	$1/11$
Nr 34 kat. Groombr.	$1/30$
Nr 11677 katalogu	
Oeltrena	$1/80$

Widzimy zatem, że nawet pomiędzy jaśniejszymi gwiazdami, jak na przykład η Herkulesa, która jest 3,7 wielkości, znajdują się gwiazdy mniej jasne od naszego słońca, a znanem jest słońce 80 razy ciemniejsze od naszego.

Wszystkie przytoczone dane dotyczą jedynie gwiazd, których odległości od nas są znane; cóż jednakże powiedzieć o jasności owych niezliczonych słońc, których paralaksy nie znamy? Jeżeli słońce nasze przesunąć na odległość odpowiadającą paralaksie $0,02''$, byłoby ono 37,5 raza dalej niż α Centaura, miałoby ono zatem $(37,5)^2$ raza mniejszą jasność, niż w odległości α Centaura, t. j. widzielibyśmy je jako gwiazdę 9,9 wielkości. Jeżeli zatem gwiazda 9,9 wielkości albo też jakakolwiek większa, nie ma paralaksy, to można twierdzić, że w rzeczywistości przewyższa ona nasze słońce pod względem ilości wysyłanego w przestrzeń światła. Ilość gwiazd pierwszych 9,9 wielkości, nawet po odtrąceniu tych kilkudziesięciu, których paralaksę znamy, wynosi około pół miliona i pośród tej ogromnej liczby wszystkie gwiazdy, z wyjątkiem siedmiu lub ośmiu znanych i, być może, nieznacznej liczby innych, które w przyszłości odkryte zostaną, są to słońca, bogatsze w światło niż nasze.

Ponieważ dostrzeżenie paralaksy gwiazd staje się już niemożliwym, jeżeli znajdują się one w takiej odległości od nas, z której słońce widziane wydawałoby się gwiazdą 9,9 wielkości, więc łatwo obrachować, ile razy więcej od słońca muszą wysyłać światła te gwiazdy, które, znajdując się w takiej samej odległości, z ziemi widziane są, jako gwiazdy

1-ej, 2-ej i t. d. wielkości. Otrzymujemy liczby następujące:

Wielkość fotometryczna	Jasność
9,9	1
9	2,3
8	5,7
7	14,5
6	36,3
5	91,2
4	229,1
3	575,5
2	1445,4
1	3631,7

Jeżeli jednakże gwiazdy nie posiadają nawet paralaksy $0,02''$, w takim razie oczywiście jasność ich może być wielokrotnie większa; jaką jest jednakże, o tem, równie jak o odległości, nie powiedzieć nie jesteśmy w stanie. Pośród owych milionów gwiazd, których wielkość jest mniejsza aniżeli 9,9, mogą znajdować się takie, które, nawet jeśli nie posiadają paralaksy, pod względem jasności ustępują słońcu i ilość ich, być może, jest nawet bardzo znaczna. Z takim samym prawdopodobieństwem znajdują się pomiędzy temi gwiazdami bardzo bogate w światło, być może nawet tak jak Rigel lub Betelgeuze, ale wtedy odległości ich od nas muszą być tak wielkie, że światło potrzebałoby całych tysięcy, a nawet dziesiątek tysięcy lat, aby od tych słońc dotrzeć do nas. Inne jednakże okoliczności zdają się przemawiać za tem, że w ogólności gwiazdy, które z ziemi wydają się mniej jasnemi, są takimi i w rzeczywistości.

Dotychczas mówiliśmy tylko o jasności gwiazd stałych. Przez rozmiary jakiegoś ciała jednakże przeważnie rozumiemy tę przestrzeń, którą ciało zajmuje, t. j. objętość; objętość zaś gwiazdy może nie znajdować się w żadnym związku z jej jasnością. Jasność gwiazd i barwa ich, jak dowodzą badania widmowe, ściśle związana jest z rozwojem kosmicznym gwiazdy, a gwiazdy zmienne i nowe dowodzą, że może ona być zależną i od innych czynników, które z rozwojem gwiazdy nie znajdują się w związku bezpośrednim. Jeżeli zatem wiemy, że Arktur siłą światła przeszło 5 000 razy przewyższa

nasze słońce, nie możemy jeszcze powiedzieć, że posiada on w tym samym stosunku większą objętość w porównaniu ze słońcem.

Przechodząc z kolei do kwestyi objętości gwiazd, wyznać musimy, że wiadomości jakie w tym względzie posiadamy, wogóle są bardzo skąpe, bowiem, jakieś to już widzieli, zastosowanie ścisłych metod badania jest niemożliwem. Spróbujmy jednakże, czy przez jakieś skombinowanie znanych jasności i mas i porównanie ich z ciałami naszego układu, nie będzie można wyprowadzić pewnych wniosków, dotyczących objętości gwiazd.

Masa jest najmniej zmiennym elementem ciał niebieskich. Pierwiastki, tworzące gwiazdę, mogą się przekształcać w najrozmaitszy sposób, przyjmować stan lotny, płynny lub stały, palić się, łączyć się na najrozmaitsze związki chemiczne, lecz masa ogólna gwiazdy skutkiem tego nie ulega żadnej zmianie. Masa gwiazdy w tym razie tylko mogłaby się zmienić, gdyby gwiazda oddawała część swej materji w przestrzeń, lub otrzymywała materję z przestrzeni. Otrzymywanie materji z zewnątrz w postaci meteorów jest możliwem — i tylko ten jeden czynnik może do pewnego stopnia wpływać na zmianę masy gwiazdy; ale zmiana ta, w każdym razie, może być tylko bardzo małą, tak że my, którzy masy gwiazd jesteśmy w stanie znać tylko z bardzo wielkimi błędami, możemy ją uważać za nieistniejącą.

Jeżeli chodzi o obrachowanie masy gwiazd, musimy znać zjawiska na niebie, które zależne są od mas owych. Temi zjawiskami są jedynie ruchy gwiazd podwójnych, wywołane wzajemnem ciążeniem mas części składowych układu ku sobie. Gwiazdy, nie tworzące ze sobą układu, znajdują się tak daleko od siebie, że wpływ wzajemny ich mas jest znikomo małym; wszystko zatem, co wiedzieć możemy o masach gwiazd, odnosi się jedynie do tych gwiazd, które tworzą jeden układ. W tych wypadkach, kiedy odległość układu od nas nie jest znaną, a zatem nieznanemi są i rzeczywiste rozmiary układu, z elementów orbity można otrzymać masę układu w formie iloczynu, którego jeden czynnik jest ilością nieokreśloną, zależną od odległości. Ażeby zaś módz masę układu podać w znanych nam masach, naprzykład w masach

słońca lub kilogramach, konieczną jest znajomość paralaksy gwiazdy podwójnej. Po między gwiazdami, których paralaksę znamy, zaledwie czwartą część zajmują gwiazdy podwójne, których masy są następujące:

61 Łabędzia . .	0,7 ☉
α Centaura . .	1,91
0 ² Erydanu . .	2,4
70 Wężownika .	2,8
Syrusz . . .	3,24
η Kasyopei . .	4,2
85 Pegaza . .	11,3

Elementy innych gwiazd podwójnych ze znaną paralaksą nie są znane z dostateczną dokładnością, ażeby można było powiedzieć coś stanowczego o ich masach. Z tych niewielu liczb widzimy jednakże, że masy gwiazd daleko bardziej zbliżają się do masy słońca, aniżeli ich jasności do jasności słońca i że masy z ilościami wysyłanego przez gwiazdy światła nie znajdują się w żadnym związku. Tak, naprzykład, stosunek masy gwiazdy α Centaura do masy naszego słońca nie wiele różni się od stosunku ilości wysyłanego przez te dwa słońca światła, natomiast Syrusz, który blisko 100 razy bogatszym jest w światło od słońca, tylko 3,24 raza jest cięższym od tegoż. Tak samo jasności względne części składowych rozmaitych układów nie znajdują się najczęściej w żadnym związku z ich względnymi masami. W układzie Syrusza, naprz., z całej masy, wynoszącej 3,24 masy słońca, na samego Syrusza przypada 2,20 masy słońca, na towarzysza zaś 1,04 słońca; tymczasem pod względem jasności Syrusz przewyższa swego satelitę, który jest gwiazdą 9-ej wielkości, 14 000 razy. Ponieważ zaś Syrusz 94 razy więcej posiada światła niż słońce, więc światło jego satelity wynosi zaledwie 150-tą część światła naszego słońca. Mamy tu zatem przykład ciała niebieskiego, które ze względu na jasność byłibyśmy skłonni uważać za znacznie mniejsze od słońca, którego masa jednakże, jak rachunek ścisły wykazuje, większą jest od masy słońca. Jeżelibyśmy chcieli uważać światło satelity Syrusza nie za własne jego światło, lecz tylko za odbite światło Syrusza, w takim razie mielibyśmy tu przykład olbrzymiej ciemnej bryły, o jakich istnieniu

w wszechświecie dziś prawie wątpić nie można. W każdym razie, jeżeli ciało to w rozwoju swym kosmicznym jeszcze nie przeszło w stan ciemnej bryły, to znajduje się już bardzo daleko na drodze do zgaśnięcia. Okoliczność ta jest bardzo ciekawą z tego względu, że sam Syryusz, posiadając tylko dwa razy większą masę od satelity, świeci tak osłepiającem światłem białem. Wiadomo, że gwiazdy białe, do których Syryusz należy, znajdują się we wcześniejszej fazie rozwoju, niż gwiazdy żółte lub czerwone. Dogasanie satelity Syryusza, którego pochodzenie, według hipotezy Laplace'a, później być musi od pochodzenia Syryusza, mające miejsce w czasie, gdy Syryusz znajduje się jeszcze w pierwszej fazie rozwoju kosmicznego, jest zjawiskiem bardzo zagadkowym. W wielu starożytnych dziełach greckich i łacińskich znajdują się wzmianki, że Syryusz na początku naszej ery posiadał światło czerwone i, przyznać trzeba, taka barwa tej gwiazdy daleko bardziej odpowiadałaby naszym wiadomościom o układzie tej gwiazdy, aniżeli jej barwa dzisiejsza. Być może istotnie Syryusz był gwiazdą czerwoną, czemu jednakże przypisać gwałtowną zmianę barwy i powrót gwiazdy do dawno już przebytej fazy rozwoju, na to niema objaśnienia.

Układ 61 Łabędzia tak pod względem masy składowych części jak i jasności, jest układem drobnym w porównaniu z naszym, przewyższa jednakże nasz układ pod względem rozległości. Odległość części składowych od siebie równa się blisko dwukrotnej odległości Neptuna od słońca, co, przy niewielkich masach, musi być powodem nader powolnego ruchu orbitalnego: według najlepszych rachunków okres obiegu wynosi 462 lata.

Objętość ciał niebieskich zmniejsza się w miarę ich rozwoju: kurczą się one skutkiem ziębienia, powodowanego promieniowaniem ciepła w przestrzeń, lub skutkiem koncentrowania się cząsteczek i ciążenia ich ku środkowi. Ponieważ masę ciał niebieskich uważamy za niezmienną, więc w miarę jak zmniejsza się objętość, w tym samym stosunku powiększa się średnia gęstość gwiazd, t. j. stosunek masy do objętości. Jeżeli postawimy tu hipotezę, że dla gwiazd,

znajdujących się w tej samej fazie rozwoju, siła świetlna ich przestrzeni, t. j. ilości światła, otrzymywane od równych powierzchni, są jednakowe, to będziemy w stanie o masach i objętości gwiazd wyprowadzić jeszcze niektóre wnioski. Gwiazdy typu słońca, według powyższej hipotezy, posiadają siłę świetlną słońca. Ograniczając się na gwiazdach jaśniejszych tego typu, których odległość jest znana, jak Arkturn, Koza, Aldebaran, β Bliźniąt, znajdujemy dla tych gwiazd objętości, względnie 393 500, 4150, 892 (lub 14), 4800 razy przewyższające objętość naszego słońca. Na zasadzie takich samych rachunków wypadłoby, że objętość Syryusza, gdyby ten należał do gwiazd typu słońca, byłaby 915 razy większą od objętości słońca. Ponieważ jednakże widmo Syryusza dowodzi, że znajduje się on w fazie rozwoju wcześniejszej niż słońce, więc światło jego nie doznaje tak silnej absorpcji w jego atmosferze—i należy przypuszczać, że powierzchnia jego ku nam zwrócona, a zatem i jego objętość jest mniejszą, niż objętość gwiazdy typu słońca, wysyłającej równą ilość światła. Nie jesteśmy w stanie powiedzieć, o ile zatem należy zmniejszyć objętość wyrachowaną w przypuszczeniu, że Syryusz jest gwiazdą typu słońca, ale jeżeli weźmiemy tylko połowę, to zapewne przypisana mu objętość nie będzie zawięką. Przyjmując dla Syryusza objętość 450 naszych słońc, otrzymujemy przy masie, wynoszącej 2,2 masy słońca, że średnia gęstość Syryusza 200 razy jest mniejszą od średniej gęstości naszego słońca, która znowu wynosi tylko $\frac{1}{4}$ średniej gęstości kuli ziemskiej. Wypada stąd, że cały Syryusz waży 160 razy mniej, aniżeli równej objętości kula, utworzona z wody. Już mała gęstość słońca nie daje się pogodzić z pojęciem kuli stałej, płynnej lub też bardzo skoncentrowanej kuli gazowej, pomimo widma ciągłego, jakie daje fotosfera słoneczna. Jedną z najnowszych hipotez ¹⁾ uważa znaczną część fotosfery za wcale nie istniejącą, za złudzenie optyczne, spowodowane przez refrakcję promieni, idących od stosunkowo niewielkich rozmiarów jądra, w warstwach gazów, koncentrycznie

¹⁾ Wszechświat n-r 38 z r. 1894.

i ze statecznie ubywającą gęstością ułożonych naokoło swego jądra o znacznej gęstości. Daleko mniejszem zatem musi być jądro Syryusza w porównaniu z całą jego objętością, jeżeli gęstość jego jeszcze 200 razy mniejszą jest od gęstości słońca. Przy wyżej wyprowadzonej objętości, Syryusz w przeważnej części składałby się musiał z ciał gęstości właściwej mniej więcej $\frac{1}{100}$, a metale i pierwiastki o znacznym ciężarze atomowym znajdować się tam mogą przeważnie tylko w stanie silnie rozrzedzonej pary.

Nie znamy dokładnie elementów żadnej gwiazdy podwójnej typu słońca ze znaną paralaksą. Znając masę gwiazdy i objętość jej, wyprowadzoną na zasadzie hipotezy o jednakowej sile świetlnej powierzchni gwiazd jednego typu, moglibyśmy obrachować średnią gęstość gwiazd typu słońca. Dowiedzielibyśmy się w taki sposób, w jakim stosunku do siebie znajdują się średnie gęstości gwiazd jednego typu. Z powodu braku odpowiednich danych trudno w tej kwestyi coś pewnego powiedzieć. Jeżelibyśmy chcieli, na przykład, na zasadzie podobieństwa widm wnioskować, że stan materii w całej objętości gwiazd jednego typu jest zupełnie podobnym, a zatem i średnia ich gęstość jest jednakowa, w takim razie masy gwiazd jednego typu byłyby w prostym stosunku do ich objętości i dla Arktura, na przykład, wypadłoby przyjąć masę 393 500 razy większą od masy słońca. Z tak olbrzymią masą umysł trudno pogodzić się może, niema w tem jednakże dostatecznego powodu, ażeby istnienie tak wielkich mas uważać za niemożliwe. Wprawdzie masy gwiazd, które udało się obrachować ściśle, bez stawiania hipotez, zdają się mówić, że masy gwiazd niezbyt różnią się od masy słońca i do pewnego stopnia może się wydawać dziwnem, dlaczego właśnie miałyby tak wielkimi być masy gwiazd, względem których zastosowanie ścisłych rachunków jest niemożliwem; z drugiej strony jednakże w samej tej niemożliwości zastosowania rachunku znajdujemy objaśnienie, dlaczego właśnie tak wielkich mas nie znamy. Nietylko bowiem paralaksa gwiazd przestaje być dostrzegalną w pewnej odległości, ale i części składowe gwiazdy, jeśli ta jest podwójną lub wielo-

krotną, mogą, skutkiem wielkiej odległości, która nas od niej oddziela, zlać się dla nas w punkt jeden i w ten sposób gwiazda przestaje być dla nas podwójną. Im jaśniejsza jest gwiazda i im dalej od nas znajduje się, tem większem jest prawdopodobieństwo, że podwójność gwiazdy ukryje się przed nami, co obrachowanie masy uczyni niemożliwem. W takich zaś warunkach, jak wiemy, znajdującą się gwiazdy, które, według wymienionych wyżej hipotez, zdają się posiadać masy bardzo wielkie. Co jednakże jest najbardziej uderzającym, to okoliczność, że gwiazdy tej kategorii wszystkie znajdują się poza granicami (Arktur znajduje się na granicy) wymierzalnej paralaksy, że zatem w odległościach, wynoszących mniej niż 150 lat światła od nas, znajdują się tylko względnie niewielkie słońca tego samego porządku co nasze, gdy te wielkie odleglejsze bryły są może ciałami niebieskimi jakiegoś wyższego porządku, naokoło których krążą słońca, jak planety naokoło słońc.

Hipoteza jednakowej średniej gęstości słońc jednego typu, z której wypływają tak ogromne masy, naturalnie nie może być przyjętą bez zastrzeżenia. Na zasadzie podobieństwa widm kategorycznie twierdzić możemy tylko o podobieństwie warstw absorbujących gwiazd, stan zaś materii, a przede wszystkim jej gęstość, o którą tu najbardziej chodzi, w bliskości jądra w silnym stopniu zależnym jest od objętości gwiazdy. Ponieważ masa gwiazdy najbardziej skoncentrowaną jest w bliskości środka, więc, im większą jest objętość gwiazdy, tem mniejszym jest stosunek objętości jądra do objętości całej gwiazdy—gęstość zaś warstw wewnętrznych od gęstości warstw zewnętrznych może stać się większą wiele tysięcy razy. Skutkiem tego oczywiście średnia gęstość gwiazdy szybko zmniejszać się musi wraz z wzrastaniem objętości. Nie ulega jednakże wątpliwości, że, przy równej wielkości fotometrycznej, gwiazdy 2-go i 3-go typu muszą posiadać znacznie większą masę, niż gwiazdy 1-go typu, a przy jednakowych masach jasność ich musi być daleko mniejsza. W tym ostatnim razie na zmniejszenie jasności, prócz silniejszej absorpcji promieni w atmosferze, wpływa jeszcze i ta okoliczność, że przy niższej temperaturze, jaką posiadają gwiazdy

2-go i 3-go typu w porównaniu z gwiazdami 1-go typu, tej samej masy odpowiada mniejsza objętość, a zatem i mniejsza powierzchnia promieniująca. Możemy zatem powiedzieć, że niewątpliwie masa Arktura jeżeli nie 393500 razy, to niezawodnie wiele tysięcy razy przewyższa masę naszego słońca, a daleko bardziej dotyczy to gwiazd Betelgeuze, Antaresa i t. p., które należą do 3-go typu i znajdują się znacznie dalej od Arktura.

Pomimo olbrzymich swych rozmiarów gwiazdy takie jak Arktur, Rigel i t. d. z powodu wielkich swych odległości nie mogą być widziane z ziemi jako małe tarcze, mogłoby to mieć miejsce jedynie wtedy, gdyby średnice tych gwiazd znacznie były większe od wielkiej osi ekliptyki, co jednakże przynajmniej dla Arktura nie ma miejsca. Przy wyżej otrzymanej objętości Arktura promień jego tylko 73 razy większym jest od promienia słońca, długość jego zatem nie wynosi jeszcze połowy długości promienia orbity ziemskiej, która równa się 200 promieniom słońca; tarcza jego pozorna zatem z ziemi może być widziana zaledwie pod kątem $0,007''$ i nie może być skonstatowana. Gdyby jednakże Arktur znajdował się w odległości najbliższych gwiazd, możnaby go przez silne teleskopy obserwować, jako małą tarczę, naprz. z odległości α Centaura tarcza ta widziana byłaby pod kątem prawie $0,3''$. Arktur zbliża się ku nam w kierunku linii widzenia po 8 km na sekundę; jeżeli zatem współrzędna jego ruchu w jakim innym kierunku nie jest większą, może on po upływie około 6 000 000 lat zbliżyć się do nas o tyle, żebyśmy go widzieć mogli jako małą tarczę. Jednakże, jak wiemy, układ nasz nie stoi w miejscu i, być może, po sześciu milionach lat znajdzie się on w punkcie przestrzeni, który od ówczesnego położenia układu Arktura bardziej będzie odległym, niż to ma miejsce dzisiaj.

Marcin Ernst.

Wymiary człowieka normalnego.

(Dokończenie).

II.

Od najdawniejszych już czasów artyści wszystkich epok starali się wykreślić taką postać ludzką, któraby wymiarami swemi, a raczej stosunkami pojedynczych części względem siebie, mogła być z jednej strony sprawdzianem ich produkcji, jednostką służącą do orientowania się przy kreśleniu postaci ludzkich, z drugiej zaś strony, przez to już samo, była uosobieniem piękna i harmonii. Każda wszelako epoka, każdy moment historyczny ewolucji umysłu ludzkiego innemi rządzi się zasadami, inne w swej drodze stawia cele i dążenia, inne ma, jeśli tak wolno powiedzieć, ideały i pożądanja. Piękno więc nie jest stałem. U Buszmanów Wenus, szczyt piękności, musi mieć znane wyniosłości pośladkowe niezwyklej wielkości; kobieta najpiękniejsza w naszym, europejskiem pojęciu, jest dla Buszmana wstrętną, podczas gdy ich „klasyczne piękności” nas również wstrętem przejmują. Każda epoka rozwoju sztuki miała swoje specjalne, przemijające formuły piękna; wszelako w składzie ciała ludzkiego, w wykreśleniu kanonu piękności ludzkiej od czasów sztuki egipskiej do dni naszych niewiele wybitnych zmian widzimy. Do dziś dnia kanony piękności greckich pozostają ideałami niedościgłemi doskonałości form dla najpierwszych nawet rzeźbiarzy współczesnych. Jednakże najpierwsi artyści wszystkich epok historii sztuki starali się wynaleźć takie proporcje, takie wymiary, któreby mogły być najdoskonalszemi typami harmonii budowy ciała ludzkiego. Wszystkie jednak usiłowania poszły w niwecz: wszystkie znane formuły zastępowano przez coraz nowe, tak że dana formułka artystyczna była jedynie formą przejściową, lub wyznaniem chwilowem jednej tylko szkoły. I miało to swoje olbrzymie praktyczne znaczenie: stworzenie bowiem jednego kanonu

zabiłoby produkcją artystyczną. Konieczne, musowe stosowanie się artysty do jednej raz na zawsze ustalonej formy zabiłoby polot natchnienia indywidualnego, niweczając indywidualizm w sztuce, dając w końcu jednolite, sztywne manekiny zamiast tworów artystycznej wyobraźni i fantazyi.

A jednak konieczność kanonu uczuwać się daje ciągle. Kanony dawniejsze były kanonami wprost tylko fantastycznymi, arbitralnymi ustosunkowaniami, opartymi na dowolnie obranych podstawach, na zasadach dociąganych sztucznie. Prąd ścisłości naukowej, dokładności tworzenia rozbudzony ruchem realistycznym, jaki obudził się w sztuce w drugiej połowie wieku naszego, nie bez wpływu przeszedł nad zajmującą nas kwestyą. Zwrócono się do nauki specjalnej, matematycznie ścisłej, z zawodu zajmującej się wymiarami człowieka i powiedziano sobie, że najlepszym kanonem będzie taki, który będzie się mógł oprzeć na matematycznych zasadach antropometrii, który będzie średnim typem, stworzonym przez matematyczne wyliczenie z setek tysięcy pomiarów.

Zanim taki kanon przedstawię, pozwolę sobie przebiec w krótkości historią kanonów wogóle.

Użycie kanonów było znane w najodleglejszej starożytności. Diodor z Sycylii opowiada, że były znanymi w Egipcie. Lepsius daje rysunek postaci egipskiej, podzielonej na dziewiętnaście części poziomych, w co nie wchodzi uczesanie, każda część zaś odpowiada długości trzeciego palca ręki, który tu służył za podstawę pomiaru. W Grecyi znajdujemy kilka kanonów, z których najslawniejszym był kanon Polykleta. Pierwszym kanonem ery chrześcijańskiej był kanon Witruwiusza. W epoce renesansu najznakomitszym jest włoski, którego autorem Alberti. Następnie powstają kanony Michała Anioła, Leonarda da Vinci, Alberta Dürera z Norymbergi, dalej Jana Cousina z Soney w XVI wieku; dzieło Bergmüllera z Augsburga w 1723, zatytułowane „Antropometrią”, dalej kanony według Schadowa z Berlina z końca XVIII wieku; z nowszych Gerdy z Paryża 1829, Licharzica z Wiednia 1858, Queteleta w 1870 i ostatni Karola Blanca.

Wszystkie powyższe kanony miały jednak

jedynie praktyczne artystyczne zastosowanie na celu. Dawały one artystom pewien sprawdzian, pewną modłę, do której dociągano produkcje wytwórczości natchnienia. Kanony te były jednak bardzo konwencyonalne: artyści nie tylko nie robili w nich różnicy pomiędzy osobnikami dorosłymi i małymi, ale nie odróżniano nawet typów rasowych, lub, jak je nazywa Camper, „typów narodowościowych”. Prawda naukowa w produkcjach sztuki na bardzo niskim stała stopniu, ustępując ciągle miejsca idealizacyi indywidualnej produkcji artystycznej. Artysta upiększał zwycięzców i bohaterów, stwarzał brzydkie, upośledzone zwyciężonych; w pewnych epokach nawet jakaś wybitna osobistość służyła za model artystom do produkcji wzniosłych idei i upostaciowań. Nawet pojęcie ras ludzkich przyszło bardzo późno. Pierwszy dobrze rysowany murzyn spotyka się dopiero w Atlasie Alberta Dürera; Rubens malując negra malował europejczyka na czarno. Nakoniec jeśli różne kanony, tworzone zresztą jedynie dla europejczyków, różnią się pomiędzy sobą, to wypływa to jeszcze z tej przyczyny, że ich autorzy czerpali nieświadomie swe dane z otaczającego, a coraz innego środowiska.

Zresztą kanony artystyczne są naukowo zupełnie bezzasadne: oparte na jakichś urojonych podstawach, mają zawsze jako zasadę, pewien pomiar łatwy do wzięcia, np. długość głowy, którego to pomiaru reszta jest albo wielokrotnem, albo wogóle proporcjonalnem powtórzeniem. Nad wszystkimi temi ustosunkowaniami panuje jeszcze jakieś mistyczne wierzenie w jakąś z góry ustanowioną harmonią, w jakieś tajemne stosunki części, które doprowadzają do wzięcia na przykład za podstawę kanonu człowieka stosunku matematycznego, zwanego złotem cięciem. Takim kanonem posilkuje się Jan Bochenek, który za profesorem Leisingem powiada, że „zasadą jego systematu jest zgodność znana w geometrii pod nazwą stosunku średnio-geometrycznie proporcjonalnego czyli tak zwanego złotego cięcia” ¹⁾. Jaki stosunek wiązać

¹⁾ Jan Bochenek. Normalna postać mężczyzny i kobiety wykreślona nowym sposobem. Tłumaczył W. Gerson. Warszawa 1895, str. 14—15.

może kanon postaci ludzkiej z powyższym matematycznym stosunkiem—nie wiem. To tylko można powiedzieć, że trudno o systemat bardziej zawily, dowolny i... nieużyteczny nad systemat Bochenka. Wszystkie zresztą kanony, oparte na dowolnych stosunkach jak długość głowy, nogi i t. d. do nazwy naukowych systematów nie mogą rościć sobie prawa.

Jeżeli sztuka ma być przedstawieniem w możliwie doskonałej i harmonijnej formie prawdy realnej, to artysta szukać powinien podstawy do tworzenia w łonie mistrzyni nad mistrzami, w łonie natury samej. Jeśli artysta ma przedstawiać postać ludzką, to nie na urojonych, fantazyjnych podstawach, na odległych od prawdy, nieprawdopodobnych, wprost zmiennych nawet zasadach powinien opierać harmonią ciała, które ma przedstawić;—powinien zwrócić się do tej gałęzi wiedzy, która badając specjalnie człowieka, na mocy setek tysięcy pomiarów o jego kształtach istotnych zdołała sobie prawdziwe wyrobić zdanie, i uogólniając te cyfry, na ich zasadzie wykreślić postać, któraby była zarazem średnim obrazem danych narodowych postaci, lub więcej jeszcze, średnim obrazem całej rasy i jednocześnie średnim typem harmonii wzajemnej części ciała ludzi do rasy tej należących.

Artyści biorąc za zasadę jakąś dowolnie obraną część ciała, wykreślając swe postaci według danego kanonu, starają się wykreślić je tak, aby dana część zawarła się w całej postaci określoną ilość razy. Karol Blanc liczy, na przykład, za postać normalną postać, w której długość głowy mieści się $7\frac{1}{2}$ razy, albo długość nosa 30 razy. Cousin i Gerdy liczą 8 długości głowy albo 32 razy wziętą długość nosa i t. d.

Pierwszy prof. Topinard ¹⁾, opierając się na licznych pomiarach, założywszy przede wszystkim, że każda rasa musi mieć swój oddzielny kanon wymiarów normalnych przeciętnych, wykreślił taką postać używając systemu decymalnego, t. j. dzieląc całą postać na 100 części równych i mówiąc, że dana część ciała zawiera tyle a tyle setnych całej postaci. Przenosząc zaś owe pomiary na pa-

pier odpowiednio dzielony na malutkie kwadraciki, można rysunkiem uzmysłowić taką normalną postać ludzką dla rasy europejskiej.

Przyjmując wzrost za 100 otrzymujemy, według Topinarda, następujące stosunki wymiarowe dla dorosłego Europejczyka:

Głowa od punktu szczytowego (ciemienia) do końca podbródka	13,3
Szyja od podbródka do dołka nadmostkowego ¹⁾	4,2
Tułów od dołka nadmostkowego do siedzenia	35,0
Kończyny dolne od siedzenia do podeszwy	47,5
	= 100

Kończyna górna = 45,0:

Ramię, od wyrostka barkowego do wyrostka łokciowego	19,5
Przedramię, od wyrostka łokciowego do wyrostka rylcowego	14,0
Ręka	11,5

Kończyna dolna = 47,5:

Udo, od siedzenia (mięśni pośladkowych) do kolana	20,0
Goleń, od kolana do kostki wewnętrznej piszczeli	23,0
Grubość stopy od kostki wewnętrznej piszczelowej do podeszwy (pięty)	4,5

Inne pomiary:

Długość nogi	15,0
Wysokość (odległość) wyrostku barkowego . . . od podeszwy	82,5
" pępka	60,0
" górnego brzgu	
okolicy łonowej	50,5
" kolca biodrowego	56,5
" krętarza wielkiego	52,5
Szerokość największa ramion	23,0
" " grzebieni biodrowych	16,6
" " bioder	18,8
Odległość brodawek piersiowych	13,0
Siąg czyli największa rozwartość rąk	104,4

¹⁾ Topinard. L'homme dans la nature. Paryż, 1891; str. 126—127.

¹⁾ Terminologią, jaką się tu posilkuje, czerpałem ze znanej „Anatomii opisowej” Lud. Hirschfelda.

Załączony rysunek (fig. 1), wyjęty z wyżej wymienionej pracy Topinarda, rysowany według powyższych danych przez Pawła Richera, uzmysłowia lepiej powyższe stosunki.

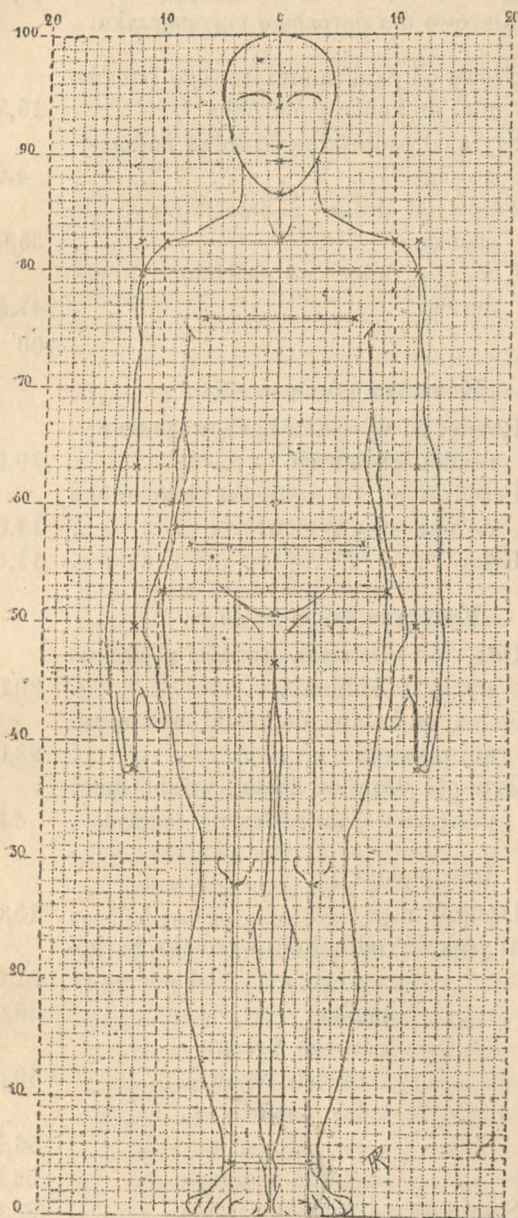


Fig. 1.

Obecnie ogólny w pracowniach artystycznych kanon Karola Blanca w większej swej części odpowiada powyższemu, czysto naukowemu, antropometrycznemu kanonowi człowieka normalnego. Zaledwie zbyt krótkie kończyny dolne, oraz zbyt długa szyja od-

różniają go od prawdziwie naukowego kanonu Topinarda.

Porównanie tych dwu kanonów jest nader ciekawe; dając je tutaj, dodać musimy, że pierwsza kolumna cyfr odpowiada nomenklaturze artystycznej, druga zaś decymalnym podziałom antropologów.

Kanon Karola Blanca.

Wzrost = 100

Głowa:

od szczytu głowy do	$\frac{1}{4}$ długo-	
nasady włosów ..	ści głowy ..	3,3
od włosów do nasady		
nosa	— ..	3,3
od nasady nosa do		
jego osady	— ..	3,3
od osady dolnej nosa		
do podbródka ..	$\frac{1}{2}$ głowy ..	3,3
		13,2

Szyja:

od podbródka do doł-		
ka nadmostkowego	$\frac{1}{2}$ głowy	6,6

Tułów:

od dołka nadmostko-		
wego do brzegu dol-		
nego mięśnia pier-		
siowego wielkiego .	1 twarz ..	10,0
od mięśnia piersio-		
wego wielk. do pępka	„ ..	10,0
od pępka do spojenia		
łonowego	„ ..	10,0
		30,0

Kończyna dolna:

od spojenia łonowego		
do kolan	$1\frac{1}{2}$ głowy ..	20,0
kolano	$\frac{1}{2}$ twarzy ..	4,9
od kolana do kostki		
stopy	$1\frac{1}{2}$ głowy ..	20,0
od kostki stopy do po-		
deszwy.	$\frac{1}{2}$ twarzy ..	4,9
		49,8
		99,7

Kończyna górna (według Cousina):

od ramienia do dłoni	2 głowy ...	25,0
dłoń	$\frac{1}{4}$ głowy ...	3,1
ręka	1 głowa ...	9,3
		37,4

Kończyna górna (według Gerdy):

od ramienia do łokcia. . .	$1\frac{1}{4}$ głowy . . .	15,6
od łokcia do nasady dłoni	1 głowa . . .	12,5
dłoń i ręka	1 głowa . . .	12,5
		40,6

Różne pomiary:

Siąg wielki. = wzrostowi.

Największa szerokość

ramion = $\frac{1}{4}$ wzrostu (Blanc).

Największa szerokość

bioder = $\frac{1}{3}$ „ (Blanc).

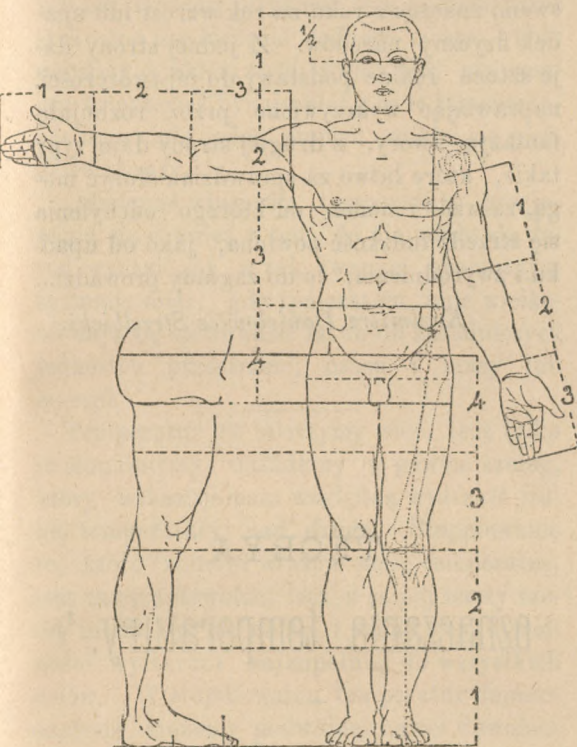


Fig. 2.

W kanonie K. Blanca cała postać liczy $7\frac{1}{2}$ długości głowy, to jest długość głowy jest $7\frac{1}{2}$ częścią całej postaci, jak w kanonach egipskich, kanon zaś Cousina i Gerdy ma po 8 głów, jak w kanonie rzymskim Witruwiusza. Obie te wartości odpowiadają liczbom 13,2 i 13,5 decymalnego systemu antropologicznego. Kanon grecki ma $7\frac{3}{4}$ długości głowy, czyli 13,0. Pomiary, robione przez d-ra Collignona na 250 francuzach, dały 13,2, Topinarda na 27 francuzach—13,5, Sappeya na 40—13,0. Można więc powiedzieć, że narodowość francuska ma kanon $7\frac{1}{2}$ głów, jak w kanonie Karola Blanca.

Ostatnio ukazał się też kanon p. Richera, który jest odmianą naukowego kanonu Topinarda, rozdzielonego na pomiary ułatwiające praktyczne stosowanie go przez artystów. Ponieważ kanon Topinarda przedstawia człowieka średniego wzrostu, t. j. wzrostu 1,65 m, liczy więc w konwencyonalnym podziale na długości głowy $7\frac{1}{2}$ głów. Wszelako chcąc dać kanon ludzi wysokich za przykładem kanonów renesansowych, Leonarda da Vinci, J. Cousina, którzy wykreślali kanony 8-głowe, Richer wykreślił drugi kanon dla wzrostu 1,70.

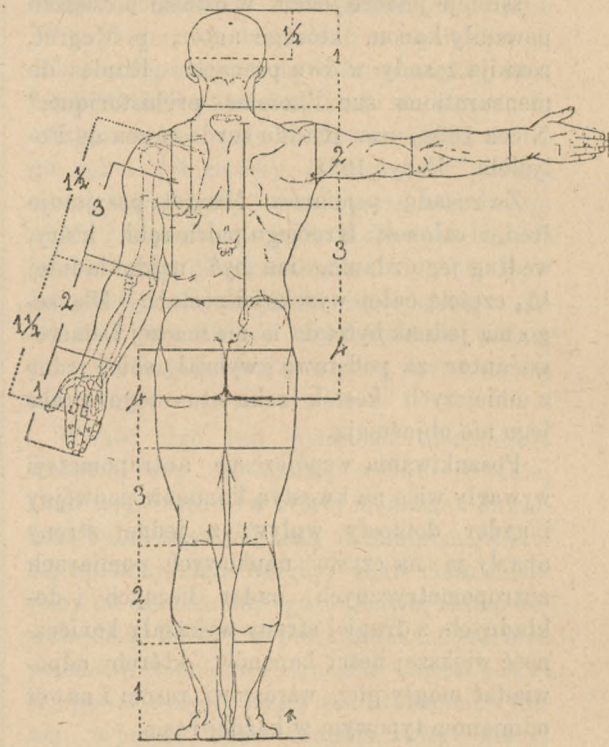


Fig. 3.

Podaję tu kanon $7\frac{1}{2}$ głów, zamieszczony w pracy P. Richera „Canon des proportions du corps humain” (1893). Przedstawia on tę ważną dogodność, że będąc opartym na ściśle naukowych pomiarach został podzielony w stosunku konwencyonalnego dzielnika długości głowy. Pomiary jego najogólniejsze są następujące (lepiej uwidaczniają je dołączone rysunki—fig. 2 i 3):

1. Głowa mieści się $7\frac{1}{2}$ raza w wysokości całej postaci.

2. Wysokość głowy dzieli się na dwie równe części linią oczodołów.

3. Środek całej postaci odpowiada nasadzie organów płciowych.

4. Tułów liczy cztery długości głowy od punktu szczytowego głowy do linii pachwinowej pośladka.

5. Kończyna dolna liczy cztery długości głowy od wierzchołka krętarza wielkiego, albo od środka linii pachwinowej do podszwy.

6. Kończyna górna liczy nieco mniej od $3\frac{1}{4}$ długości głowy od wierzchołka wyrostka barkowego do końca średniego palca ręki.

Istnieje jeszcze jeden w ostatnich czasach powstały kanon, którego autor, p. Megret, rozwija zasady w dwu pracach: „Etudes de mensurations sur l'homme préhistorique,” Nicea 1894, oraz „Etude sur le canon de Polyclète,” Paryż 1892.

Za zasadę pomiarów Megret przyjmuje średni członek trzeciego palca ręki, który, według jego zdania, ma być najdokładniej $\frac{1}{64}$ częścią całej wysokości postaci. Dlatego ma jednak być tak a nie inaczej i dlatego autor za podstawę wybrał sobie jedną z mniejszych kostek szkieletu—tego prace jego nie objaśniają.

Poszukiwania współczesne antropometrii wywarły więc na kwestyę kanonów podwójny i nader doniosły wpływ: z jednej strony oparły je na czysto naukowych pomiarach antropometrycznych, nader licznych i dokładnych, z drugiej strony wykazały konieczność większej ilości kanonów, któreby odpowiadać mogły płci, wzrostowi, rasom i nawet odmianom typowym w każdej rasie.

W miarę rozwinięcia kształty i stosunki wzajemne zmieniają się—kanony według wieku są więc rzeczą konieczną. Proporcye ciała dziecka są różne od proporcji ciała dorosłych. I nie tylko artystyczne znaczenie mogą mieć kanony: są one upostaciowaniem przeciętnego typu danej grupy rasowej, średnią, otrzymaną z setnych pomiarów i na ich zasadzie wykreśloną. Wszelkie więc wahnięcia, jakie dana rasa przejdzie, czy to ujemne czy dodatnie, będą miały sprawdzian stały, od którego w tym lub owym kierunku odstrzeliwszy się będą mogły być notowane bądź jako wzrostowe, bądź jako schyłkowe.

A w dniach dzisiejszych, gdy skutkiem sektek rozlicznych przyczyn narody europejskie

jakgdyby karleją, gdy rokrocznie zwiększa się procent odrzuconych przy poborze do służby wojskowej, wartość kanonu wzrasta jako sprawdzian tego ujemnego wahnięcia, wskazując niemal jak i jakie części ciała dzieci rozwijać należy, aby niezadługo nie zabrakło osobników, któreby do pomiarów na kanony służyć mogły, aby w krótkim czasie zamiast dzisiejszych kanonów $7\frac{1}{2}$ głów nie trzeba było wynajdować nowego może jakiego karlego kanonu.

Nowa, ledwo rozwijająca się nauka antropologii dobrze się i tu zasłużyć może, cyframi swemi znacząc z roku na rok wzrost lub upadek fizyczny narodów. Z jednej strony daje sztuce realne podstawy do jej twórczości, naprawiając wykrzywione przez rozbijałą fantazyą twory, z drugiej strony daje typy takie, które łatwo za sprawdzian służyć mogą, za wzór i model, od którego odchylenia się strzedz ludzkość powinna, jako od upadku i zwyrodnienia, co do zagłady prowadzi...

Kazimierz Danielowicz-Strzelbicki.

TEORYA

oznaczania temperatury.¹⁾

Pomiędzy wielkościami fizycznymi temperatura zajmuje stanowisko zupełnie odrębne. Gdy wszystkie inne, jak np. szybkość, ciężar, opory elektryczne, siły elektrobodźce dają się ze sobą dodawać, nie można tego czynić bynajmniej z temperaturami. Również niepodobna bezpośrednio między sobą porównywać różnych temperatur: interwał między 0° a 1° jest czemś zupełnie różnem od interwału między 1° a 2° ; to też właściwie mówiąc „mierzenie” temperatury jest wyrażeniem

¹⁾ Artykuł ten jest streszczeniem myśli rozwinętych w Lippmana „Cours de Thermodynamique”.

niestosownem. Do mierzenia czegokolwiek bądź musimy przedewszystkiem posiadać w pewien sposób obraną jednostkę, której cechą jest niezmiennosc. Stosunek danej wielkości do odpowiedniej jednostki jest miarą tej wielkości. Całkiem inaczej się rzecz ma przy „mierzeniu” temperatury, np. zapomocą termometru rtęciowego. Tu jednostka, jeden stopień, nie jest właściwie miarą, gdyż ta jednostka jest czemś odmiennem między np. 1° a 2° i między 99° a 100° i niepodobieństwem jest otrzymać sto stopni przez stokrotne powtórzenie jednego stopnia, tak jak możemy otrzymać sto metrów przez stokrotne powtórzenie jednego metra. Gdy mówimy o jakim cieple, że ma 50° , nie oznacza to przecież bynajmniej, że w temperaturze tego ciała jeden stopień mieści się pięćdziesiąt razy.

Odmienne własności temperatury przejawiają się również w tem, że nie udało się dotąd wyrazić jej w tak zwanym absolutnym systemie miar, gdy tymczasem inne wielkości dają się sprowadzić łatwo do zasadniczych jednostek przestrzeni, czasu i masy lub energii.

Temperatur nie mierzymy więc, lecz tylko je stopniujemy, układamy w pewien szereg, który wskazuje nam względną wyższość jednej temperatury nad drugą. Stopniowanie to, które stanowi właśnie skalę temperatur, jest zawsze dowolne, lecz z samej istoty rzeczy innem być nie może i mimo swej dowolności wystarcza najzupełniej do wszystkich celów. W stopniowaniu temperatur dopuszczać się możemy podwójnej nawet dowolności, co powoduje, że w zasadzie istnieć może nieskończenie wiele skal termometrycznych. Z jednej strony możemy używać rozmaitych ciał do zbudowania termometru, z drugiej zaś—możemy za podstawę oznaczania temperatury obrać pierwsze lepsze zjawisko, powstające pod działaniem ciepła. W praktyce nawet prócz zwykłych termometrów rtęciowych lub alkoholowych, opartych na rozszerzalności ciał, używamy termometrów gazowych, opartych na ciśnieniu gazów przy stałej objętości, lub jak Pictet do swych badań w niskich temperaturach, termometru z bezwodnikiem siarkawym, gdzie zjawiskiem termometrycznem była prężność pary nasyconej tego ciała. W niektórych znów wy-

padkach do oznaczania temperatury posilkujemy się stosami termoelektrycznymi lub zjawiskami dysocjacji. W zasadzie możnaby do budowy termometrów ¹⁾ stosować chociażby zjawisko tak specjalnie chemiczne, jak np. inwersję cukru, której szybkość zmienia się z temperaturą. Określenie w każdym wypadku szybkości tej reakcji zastępowałoby wtedy proste odczytanie temperatury na skali termometru rtęciowego.

Nietylko skale oparte na użyciu rozmaitego rodzaju zjawisk różnią się między sobą, ale nawet używając jednego tylko zjawiska, otrzymać możemy nieskończenie wiele skal. W zwykłym np. termometrze rtęciowym jeżeli postanowimy, żeby różnica między dwoma punktami stałemi wynosiła sto stopni, to otrzymamy rozmaite skale względnie do tego, jakie wybierzemy punkty stałe. Jeżeli nawet zatrzymamy się na zjawiskach krzepnięcia i wrzenia, to znów skale wypadną odmiennie, gdy dla oznaczenia 0° i 100° użyjemy wody lub jakiegobądź innej cieczy. Te lub inne w praktyce używane skale różnią się tylko dogodnością w użyciu, lecz wskazania ich zawsze są dowolne.

Wobec tego jest pytaniem niezmiernie ważnem, czy nie można wytworzyć takiej skali temperatur, w której niezbędna dowolność byłaby sprowadzoną do minimum, w której np. obojętnem byłoby, jakie ciało stosujemy do oznaczania, gdzie jedyną zatem dowolnością byłby wybór zjawiska, które za podstawę stopniowania obrano. Carnot pierwszy powziął myśl takiej skali termometrycznej, a prawo termodynamiki, które odkrył i które nosi jego imię, pozwoliło później myśl tę urzeczywistnić.

Zastanawiając się nad działaniem maszyn termicznych, t. j. wszelkiego rodzaju przyrządów, przetwarzających ciepło w pracę mechaniczną, Carnot dostrzegł, że bieg ich tylko wtedy jest możliwy, gdy istnieje spadek temperatury, t. j. gdy mamy dwa źródła ciepła o odmiennej temperaturze. Uwaga ta jest wynikiem doświadczenia, które uczy

¹⁾ Termometrem nazywamy tutaj wszelkiego rodzaju przyrząd, służący do stopniowania temperatury, nie zaś tylko przyrządy, rzeczywiście używane w praktyce.

nas, że w maszynie parowej zawsze musi istnieć kocioł i kondensator, lub że stos termoelektryczny działa dopiero wtedy, gdy miejsca spojeń posiadają różne temperatury. Wyobraźmy sobie między dwoma źródłami ciepła działającą maszynę idealną, t. j. taką, której wydajność byłaby możliwie największą. Rozumowaniu naszemu nic a nic to nie przeszkadza, że zbudowanie takiej maszyny jest niemożliwym: z jednej bowiem strony niepodobna uniknąć pobocznych strat ciepła wskutek przewodnictwa i promieniowania, z drugiej zaś—maszyna taka musiałaby być odwracalną, t. j. musiałaby działać już przy nieskończeniu małych różnicach temperatury i ciśnienia. Carnot dowiódł, że wydajność takiej maszyny jest zupełnie niezależną od ciała, jakiego w maszynie używamy: wydajność idealnej maszyny parowej nie może być ani większa ani mniejsza, niż wydajność w tych samych warunkach maszyny gazowej lub jakiegobądź innej. Każda idealna maszyna termiczna, działająca między dwiema temperaturami, które chwilowo oznaczamy tylko znakami I i II, pochłania ze źródła gorętszego pewną, zawsze jednakową, ilość ciepła Q_I , oddaje źródłu zimniejszemu pewną również jednakową ilość Q_{II} , a różnicę między nimi $Q_I - Q_{II}$ przetwarza na pracę mechaniczną. Wydajnością jest oczywiście stosunek $\frac{Q_I - Q_{II}}{Q_I}$; stosunek zaś $\frac{Q_{II}}{Q_I}$ nazywamy współczynnikiem straty. Współczynnik ten, zarówno jak wydajność, nie zależy od właściwości ciała, lecz tylko od temperatur I i II obu źródeł ciepła. Oczywiście więc jest, że zasada Carnota może i powinna być użytą za podstawę oznaczania temperatur. Skala tak otrzymana będzie niezależną od ciała użytego do oznaczenia i dowolność będzie zredukowana do minimum, gdyż jedynie polegać będzie na wyborze zjawiska, jak w danym razie działania maszyny termicznej. Skala taka może być rzeczywiście słusznie nazwana skalą temperatur absolutnych, a same temperatury absolutne, lub, jak również nazwać je można, termodynamiczne, określić musimy jako liczby takie, że stosunek dwu z nich równa się zawsze współczynnikowi straty idealnej maszyny termicznej, która działa między temi temperaturami. Jeżeli temperatury absolutne dwu nowych

źródeł I i II oznaczmy przez T_I i T_{II} , wtedy określenie temperatur absolutnych wyraża się równaniem $\frac{T_I}{T_{II}} = \frac{Q_I}{Q_{II}}$.

Określenie to nie wystarcza jednak do utwierdzenia skali temperatur absolutnych. Rzeczywiście stosunek $\frac{T_I}{T_{II}} = \frac{Q_I}{Q_{II}}$ pozostaje bez zmiany, jeżeli obie temperatury T_I i T_{II} pomnożymy przez jakąkolwiek liczbę. Stąd też skal temperatur absolutnych może być nieskończenie wiele, lecz wszystkie one muszą być między sobą proporcjonalne, co nie jest własnością skal nieabsolutnych. Ażeby wybór nasz wśród tego mnóstwa na jednej skali zatrzymać, należy postąpić tak, jak czynimy przy oznaczaniu ciężarów atomowych, kiedy jednemu z nich, np. ciężarowi wodoru, nadajemy dowolną wartość. Należy więc i w tym wypadku jednej jakiegobądź temperaturze nadać dowolną wielkość, lub, co na to samo wychodzi, założyć, aby różnica dwu temperatur, np. wrzenia i krzepnięcia wody, miała pewną wartość, np. 100 stopni. W praktyce ten drugi sposób utwierdzenia skali absolutnej zwykle się używa.

Zastosowanie zasady Carnota do otrzymania skali temperatur podobnem jest do tego, które możnaby uczynić z motorów hydraulicznych dla określenia wysokości. Praca motoru hydraulicznego zależy od różnicy poziomów wody w zbiornikach: znając tę różnicę, można obliczyć pracę motoru. Lecz zadanie to daje się łatwo odwrócić i można, znając ilość uzyskanej pracy, obliczyć różnicę wysokości poziomów: różnicy poziomów w maszynach termicznych odpowiada różnica temperatur.

W jaki sposób znaleźć absolutną temperaturę ciała? Droga bezpośrednia, która mogłaby polegać na tem, aby między temperaturą ciała i inną jaką temperaturą stałą wprowadzić w bieg maszynę idealną, droga ta jest niemożliwą, gdyż, jak widzieliśmy, urzeczywistnienie maszyny idealnej jest niepodobieństwem. Gdyby nawet doświadczenie takie udać się mogło, nie otrzymalibyśmy jeszcze skali temperatur, ale tylko niektórych poszczególnych wartości, pomiędzy którymi działała nasza maszyna. Daleko zatem korzystniej będzie poszukać na drodze rozumowania wzoru, który nam pozwoli ozna-

czyć temperaturę absolutną na zasadzie wskazań jakiegobądź termometru, np. gazowego lub rtęciowego. Rzeczywiście wzory takie wyprowadzić można na zupełnie ogólnej matematycznej drodze i przy ich pomocy łatwo jest przejść od jakiegobądź skali do skali absolutnej. Dla termometru gazowego np. rachunek, którego tu przytaczać nie możemy, wykazuje, że temperatura absolutna proporcjonalną jest do dwumianu rozszerzalności gazów, t. j. do ilości $1 + \alpha t$, gdzie t oznacza ilość stopni w podziale Celsyusza, α zaś jest stałą rozszerzalności $= 1/273$; mamy więc $T = k(1 + \alpha t)$, gdzie k jest obojętnym dla nas współczynnikiem proporcjonalności. Wielkość tego współczynnika jest dowolną; nadajmy mu wartość $= \alpha$, a otrzymamy

$$T = 1/\alpha + t = t + 273.$$

Rezultat ten oznacza tylko, że należy dodać 273 do temperatur, wyrażonych w skali Celsyusza, aby otrzymać temperaturę absolutną. Absolutna więc temperatura wrzenia wody jest 373, a topnienia lodu np. 273. Gdyby zatem wprowadzić w ruch idealną maszynę termiczną, która działałaby między temperaturami wrzenia i krzepnięcia wody, strata ciepła nie zamienionego na pracę wynosiłaby $\frac{273}{373} = 0,73$; reszta zaś, t. j.

$\frac{100}{373} = 0,27$ została by przemieniona w pracę. Byłoby jednak całkiem błędem uważać liczbę 273 za określenie temperatury absolutnej: ta lub owa liczba zależy od wyboru skali dowolnej, jak w danym razie Celsyuszowej, od której dopiero przechodzimy za pomocą rachunku do temperatury absolutnej. Gdybyśmy użyć chcieli skali Fahrenheita zamiast 273, mielibyśmy liczbę 459, temperatura krzepnięcia wody wyrażałaby się wtedy $459 + 32 = 491^\circ$, a wrzenia wody — $459 + 212 = 671^\circ$. Stosunek obu $\frac{491}{671} = 0,73$ jest ten sam, co w poprzednim wypadku ($\frac{273}{373}$), gdyż, jak wiemy, wszystkie skale absolutne muszą być między sobą proporcjonalne.

Dla termometrów, opartych na innych zasadach, temperatura absolutna wyraża się

wzorami daleko bardziej skomplikowanymi i nie różni się od temperatury dowolnej o pewną stałą (273), jak to ma miejsce dla termometru gazowego. Zwykle też termometry takie, jak np. najczęściej spotykane te, które są oparte na prężności pary nasyconej, porównywa się zapomocą szeregu dostrzeżeń z termometrem rtęciowym np., przed użyciem od stopnia do stopnia wyznacza się odpowiednią prężność. Lecz w zasadzie zapomocą rachunku można zawsze bezpośrednio przejść od tych wskazań dowolnych do temperatury absolutnej.

Nie wspomnieliśmy dotąd wcale o temperaturze zera absolutnego. I w rzeczy samej, tak jak w chemii przy użyciu ciężarów atomowych nie potrzebujemy zastanawiać się nad wypadkiem, w którym pierwiastek miałby ciężar równy zeru, tak i tu rozważanie tej temperatury jest niepotrzebne: określenie temperatur absolutnych, jak podaliśmy wyżej, bez pojęcia zera absolutnego istnieje rzeczywiście; przeciwnie mamy raczej prawo twierdzić, że obniżając temperaturę możemy tylko zbliżyć się do temperatury zera, której jednak osiągnąć nie możemy. Oziębienie przedmiotu, które stanowi niejako analogią z czerpaniem wody zapomocą pompy, wymaga zawsze zużycia pewnej ilości pracy: oziębiamy np. ciało przez adyabatyczne rozszerzenie gazu, którego ściśnięcie pochłonęło przedtem pracę. Im zimniejszem jest ciało, tem więcej pracy wymaga coraz dalsze jego oziębienie i osiągnięcie zera absolutnego wymagałoby zużycia nieskończenie wielkiej ilości pracy. Zero absolutne ma więc w istocie znaczenie granicy matematycznej, do której zdąża stosunek $\frac{Q_I}{Q_{II}}$ dwu ilości ciepła, stosunek, będący podstawą określenia temperatur absolutnych, nie jest zaś realną wartością fizyczną, pewną stałą, jak np. dowolne zera skali Celsyusza.

Ludwik Bruner.

ROZMAITOŚCI.

— **Nowe obserwatorium astronomiczne w Indjach** założone zostało w Kodaikanal, o 320 km na południe Madras. Zostaje pod kierunkiem p. Michie Smitha i przeznaczone jest głównie do obserwacji słońca; wzniesione zostało kosztem rządu indyjskiego.

S. K.

— **Cyna.** Ogólna produkcja roczna cyny na całej ziemi wynosi około 58500 ton. Ilości tej połowa przeszła, a mianowicie 30 000 ton, przybywa z półwyspu Malajskiego i wysp sąsiednich, Anglia dostarcza 9000, Australia 6 500, a pozostała część ziemi 13 000 ton.

T. R.

— **Jajko alki.** Podaliśmy niedawno wiadomość o wysokiej cenie, za jaką sprzedano w Londynie jajko alki (*Alca impennis*), która obecnie należy już do zwierząt zaginionych. Drugi egzemplarz takiego jajka, nieco uszkodzony, sprzedany został obecnie drogą licytacji za 4 300 franków; pochodzi on ze zbiorów barona d'Hammoville i w r. 1855 kupiony został za 500 fr.

T. R.

— **Lisy w Australii.** Australia jest widocznie ziemią błogosławioną dla różnych zwierząt. Od lat kilku słyszymy o kłeskach sprawianych przez króliki, a teraz dowiadujemy się, że i lis nadmiernie się tam rozmnożył. Wprowadzili go niegdyś do prowincji Wiktorii osadnicy angielscy w celach swych zabaw myśliwskich, a obecnie trzeba już używać środków wytępienia tych zwierząt drapieżnych.

T. R.

Buletyn meteorologiczny

za tydzień od 28 sierpnia do 3 września 1895 r.

(ze spostrzeżeń na stacyi meteorologicznej przy Muzeum Przemysłu i Rolnictwa w Warszawie).

Dzień	Barometr 700 mm +			Temperatura w st. C.					Wilg. śr.	Kierunek wiatru Szybkość w metrach na sekundę	Suma opadu	U w a g i.
	7 r.	1 p.	9 w.	7 r.	1 p.	9 w.	Najw.	Najn.				
28 S.	50,5	50,1	52,5	15,8	18,3	17,0	23,6	13,9	65	S ³ , W ¹ , W ³	2,6	● od 12 ⁴⁵ —12 ⁰ p. m.
29 C.	53,4	54,0	52,4	14,0	18,8	18,0	19,5	13,5	66	W ¹ , W ⁹ , W ⁵	0,0	
30 P.	52,9	50,3	47,7	18,3	26,3	22,2	27,0	15,8	55	SW ³ , W ¹ , SW ²	—	wiecz. wieniec naokoło księżycy
31 S.	48,9	49,6	50,9	17,0	21,8	17,6	22,6	16,5	60	W ⁴ , NW ⁹ , W ³	—	
1 N.	52,4	52,9	53,8	14,3	20,0	16,4	21,7	13,0	65	W ⁴ , W ¹ , W ⁵	—	
2 P.	50,4	55,1	56,4	15,3	22,0	17,0	23,0	12,6	63	W ⁴ , NW ³ , N ²	—	
3 W.	57,7	57,3	57,0	15,0	24,2	18,6	24,6	12,5	62	ES ³ , ES ⁵ , ES ³	—	
Średnia	752,9			18,4					62		2,6	

T R E Ś Ć. O rozmiarach gwiazd, przez Marcina Ernsta. — Wymiary człowieka normalnego, przez Kazimierza Danielowicza-Strzelbickiego (dokończenie). — Teorya oznaczania temperatury, przez Ludwika Brunera. — Rozmaitości. — Buletyn meteorologiczny.

Wydawca A. Ślósarski.

Redaktor Br. Znatowicz.