

Vladimir Kh. Kozlovskij

Begegnungen Jakob Frenkels mit Albert Einstein und der Einfluß der Relativitätstheorie auf seine Werke

Der erste bedeutende theoretische Physiker der Sowjetunion, Jakob Iljitsch Frenkel, war mit Albert Einstein seit Ende 1925 bekannt, als er eine Dienstreise nach Deutschland unternahm. Einstein war älter als Frenkel, der Altersunterschied betrug 15 Jahre (Einstein wurde am 14. März 1879 geboren, Frenkel am 10. Februar 1894). Bei der Ankunft Frenkels in Berlin war Einstein schon ein großer und berühmter Wissenschaftler. Frenkel war damals noch wenig bekannt, und der Zweck seiner Reise war, die Wissenschaftler in Deutschland mit seinen Arbeiten bekannt zu machen. Einstein unterstützte die Arbeiten, die Frenkel ihm vorlegte, das waren die Arbeiten über die Elektronentheorie der Metalle und Arbeiten auf dem Gebiet der Elektrodynamik.

Zwischen Frenkel und Einstein entstanden freundschaftliche Beziehungen. In einem Brief nach Hause schrieb Frenkel: „Heute war ich von 12 bis 2 bei Einstein. Ich stieg die Treppe in dem Hause, wo Einstein wohnt, mit einiger Aufregung hinauf. Aber diese Aufregung verschwand sofort, als ich ihn selbst erblickte. Er erwies sich als ungewöhnlich anmutiger Mensch, der in sich die Weichheit von Abram Fjodorowitsch mit der Offenheit und Aufrichtigkeit Ehrenfests vereinigte. Ich sprach mit ihm ausschließlich über Physik, wobei ich vor allem meine eigenen Überlegungen vortrug. Die Überlegungen billigte er in hohem Maße, besonders die zu meiner Theorie der Metalle, die ich im Seminar der hiesigen Universität am Mittwochabend vorlegen werde.“ [1] Im nächsten Brief schrieb Frenkel: „Meine Unterhaltung mit Einstein hatte das Ergebnis, daß er zwar nicht den Wunsch aussprach, doch die Genehmigung gab, mich unter seine Gunst zu stellen.“ [1] Jakob Frenkel wurde zum jüngeren Lieblingskollegen Einsteins; für Frenkel war Einstein sein Lieblingslehrer. V. J. Frenkel (J. Frenkels Sohn) schreibt: „J. I. Frenkel bewahrte lebenslang im Gedächtnis seine Begegnungen mit Einstein, lebenslang blieb er unter dem Zauber seiner Persönlichkeit und ent-

zückt von seiner Einfachheit und Menschlichkeit. Einsteins Bild hing über dem Schreibtisch in seinem Arbeitszimmer.“ [1]

Jakob Frenkel schrieb über Albert Einstein und die Relativitätstheorie und förderte die Verbreitung dieser Theorie in der Sowjetunion und anderen Ländern, auch in den Vereinigten Staaten, wo Frenkel lange Zeit lebte. Schon im Jahre 1923, also noch vor seiner Reise nach Deutschland, schrieb er, dem Wunsch der Öffentlichkeit folgend, die Interesse an der Relativitätstheorie äußerte, ein Buch über diesen Gegenstand [2]. So populär wie möglich, aber immer streng wissenschaftlich, stellte er die spezielle und dann auch die allgemeine Relativitätstheorie dar. Im enzyklopädischen Wörterbuch der Genossenschaft „Granat“ schrieb Frenkel einen Beitrag über Einstein, in dem er ausführlich die Ergebnisse seiner wissenschaftlichen Tätigkeit darstellte [3].

Frenkel bezeichnete Einstein als den Newton unserer Zeit, der neue Vorstellungen über Raum, Zeit und Gravitation entwickelt hat. Die Grundlage für diese Vorstellungen bildet die Tatsache, daß die Geschwindigkeit des Lichtes den gleichen Wert in allen inertialen Bezugssystemen hat und daß die Wirkungen zwischen den Körpern sich nicht momentan ausbreiten können. Daraus werden Transformationsgleichungen für die Abstände in Raum und Zeit in einem bewegten und einem ruhenden Bezugssystem abgeleitet, die deren relative Natur enthüllen. Die Newtonschen Gleichungen der Mechanik müssen dann umgeformt werden, um sie mit den Transformationsgleichungen für Raum und Zeit in Einklang zu bringen. Daraus werden die berühmten Aussagen wie die relative Natur der Masse und die Äquivalenz von Masse und Energie abgeleitet. Auf Grund dieser Ergebnisse konnte Einstein die Natur des Lichtes untersuchen und sein dualistisches Wesen zeigen. Das Licht besteht aus Teilchen, deren Ruhmasse gleich Null ist und deren mechanische Wirkungen durch die Größen, die mit dem Wellencharakter verbunden sind, bestimmt werden. Weiter wird der Beitrag Einsteins zur Statistik – die Erarbeitung der Bose-Einstein Statistik – beschrieben. Einstein erweiterte die Quantentheorie von Planck auf die Bewegung der Atome im festen Körper und gelangte zu der Theorie der Wärmekapazität, die die Temperaturabhängigkeit der Wärmekapazität bei tiefen Temperaturen erklärt. Einstein entwickelte die Theorie der Brownschen Bewegung, auf deren Grundlage Perrin die Zahl und die Größe der Moleküle bestimmen konnte. Einstein führte zusammen mit de Haas einen Versuch durch, um zu zeigen, daß die Magnetisierung eines Körpers mit der Drehung der Elektronen, also mit dem mechanischen Drehmoment verbunden ist. Die Drehung eines Körpers bei Magnetisierung erhielt den Namen Einstein-de-Haas-Effekt. Nachdem Ein-

stein 1905 die spezielle Relativitätstheorie für Raum und Zeit begründet hatte, verallgemeinerte er im folgenden Jahrzehnt diese Theorie, um auch die Gravitationskräfte einzuschließen. Die Grundlage für seine Verallgemeinerung besteht darin, daß die Gravitationskräfte von Trägheitskräften experimentell nicht unterscheidbar sind und als Krümmung des vierdimensionalen Raumes (drei Achsen des Raumes und eine Achse der Zeit) betrachtet werden können. So entstand im Jahre 1915 die allgemeine Relativitätstheorie, deren Konsequenzen auch experimentell bestätigt wurden.

Von den vielfältigen Ergebnissen, zu denen Einstein gelangte, war das wichtigste die Relativitätstheorie, die eine Umwälzung der Vorstellungen von den Grundlagen der Natur bedeutete. Bedeutete das den „Untergang des Abendlandes“? – wie O. Spengler meinte. Jakob Frenkel machte es zum Ziel seiner Bemühungen, die neuen Vorstellungen über den Raum und die Zeit allen deutlich zu machen, was die Entwicklung des menschlichen Lebens fördert genauso wie das allgemeine Verständnis der klassischen Begriffe eine schöpferische Rolle spielt. „Die Theorie wird zur materiellen Kraft, wenn sie von den Massen beherrscht wird.“ Frenkel meinte, dass die Verbreitung der Relativitätstheorie ihm besser gelingen würde als ihrem Schöpfer, da Bahnbrecher zu kompliziert an die Fragen herangehen würden, ihre Nachfolger aber einfachere Wege finden können.

Frenkel schrieb zum Buch von J. Rice [4] zwei zusätzliche Kapitel, in denen er so anschaulich wie möglich, geometrisch die Transformationsformeln für die Drehung des Koordinatensystems um die Zeit-Achse ableiten konnte. Diese Darstellung wurde zur Grundlage für seine weiteren Beiträge ([5], [6]). Der Übergang zum bewegten Bezugssystem wird durch die Drehung des ursprünglichen Systems dargestellt. Die Raum- und Zeitintervalle im neuen Bezugssystem sind mit den entsprechenden Größen im alten, wie die Projektionen der Koordinaten eines Punktes in den beiden Systemen verbunden. Dadurch wird die Relativität der Raum- und Zeitintervalle in beiden Bezugssystemen anschaulich. Wenn man die Forderung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit beim Übergang von einem Bezugssystem zu einem anderen hinzufügt, gelangt man zu den Formeln der Relativitätstheorie für die Transformation der Raum- und Zeitintervalle. Eine solche einfache Ableitung der Transformationsformeln ist für jeden, der die elementare Geometrie kennt, verständlich. Frenkel fügte noch ein anschauliches Beispiel hinzu: „Nehmen wir an, daß wir hier in Minneapolis (wo damals Frenkel lebte) eine vertikale Säule betrachten. Ihre Höhe ist der Abstand des Gipfels vom Fußpunkt, gemessen mit einem vertikalen Stab. Wenn die Säule auf dem Boden

liegt, dann kann ihre Länge, das ist der Abstand von einem Ende bis zum anderen, mit einem horizontalen Stab gemessen werden. Wenn die Säule schräg steht, ergeben die Messungen mit einem vertikalen und einem horizontalen Stab eine Höhe und eine Länge, sie stellen die Projektionen der Säule auf die vertikale und bzw. die horizontale Richtung dar. Nehmen wir an, daß wir die Säule, die in Minneapolis vertikal steht, von New York aus betrachten. Die vertikale und die horizontale Richtung in New York sind von denen in Minneapolis verschieden. Also wird diese Säule in New York als schräg stehend erscheinen, also eine Höhe und eine Länge haben. Dabei ist die Höhe von New York aus gesehen verschieden von der in Minneapolis gesehen. Wenn man diese Säule aus Moskau betrachtet, wird sie als horizontal liegend erscheinen, also keine Höhe und nur eine Länge haben. Höhe und Länge sind also relative Größen, absolut ist der Abstand zwischen den Enden der Säule an ihr entlang gemessen.

Statt der relativen Größen Raum und Zeit betrachtet die Relativitätstheorie die Geschwindigkeit des Lichtes als absolut. Der Versuch, den Michelson durchführte, zeigte, daß die Geschwindigkeit des Lichtes unabhängig von der Richtung seiner Ausbreitung in bezug auf die sich im Weltraum bewegende Erde ist. Dieser Versuch konnte noch nicht zur Schöpfung der Relativitätstheorie führen, da man für das Ergebnis andere Erklärungen vorschlagen konnte, eine davon hat Lorentz formuliert. Die Schöpfung der Relativitätstheorie hatte weitere bedeutende Gründe.

Frenkel bemerkte, daß die Relativitätstheorie keineswegs unerwartet entstand, sondern ihre Ursachen in der vorangegangenen Entwicklung der Physik hatte. Die Relativität der Bewegung hatte schon Galilei festgestellt. Die Theorie des Elektromagnetismus, die von Lorentz entwickelt wurde, führte zu Transformationsgleichungen für die Raum- und Zeitkoordinaten, aber ging nicht über die elektromagnetischen Erscheinungen hinaus.

Nicht geringere, eher größere Bedeutung für das Entstehen der neuen Vorstellungen von Raum und Zeit hatte die Entwicklung der deutschen Philosophie, besonders ihres Zweiges Naturphilosophie. Diese wurde durch die Werke von Schelling und Hegel begründet, und man kann sagen, daß sie eine „Bombe“ für die Grundlagen der Naturwissenschaft darstellte. Diese Bombe mußte früher oder später explodieren. Das geschah am Anfang des 20. Jahrhunderts, als durch Experimente bekannt wurde, daß Uranerz enorme Mengen an Bewegung enthält, also die Körper im Grunde nicht starr sind. Einstein studierte Philosophie in der Hochschule, er gründete auch einen philosophischen Zirkel zusammen mit C. Habicht und M. Solovine (letzterer arbei-

tete später bei einer philosophischen Zeitschrift). Besonders schätzte Einstein die philosophischen Überlegungen von E. Mach. Im Ergebnis stieß Einstein zur vordersten Front der Umwälzung der Grundlagen der Naturwissenschaft vor.

Die Begriffe der Relativitätstheorie werden am besten vom Standpunkt des philosophischen Begriffes der Entwicklung aus verstanden. Die Lichtteilchen haben eine Ruhmasse, die gleich Null gesetzt wird, doch besitzen sie Energie und Impuls wie Körper, können also als nicht völlig entwickelte Körper betrachtet werden. Die folgende Stufe der Entwicklung bilden die Körper im üblichen Sinne, aber da sie entstanden sind, tragen sie Spuren der Entwicklung (Relikte), sind also nicht so, wie man sie sich gewöhnlich vorstellt. Die Körper sind nicht vollkommen starr, sondern etwas „weich“, das heißt veränderlich, und so sind auch Raum und Zeit, die aus den Eigenschaften der Körper abgeleitet werden. Da die Körper eine Ruhmasse bekommen haben, scheiden sie aus der Menge der Lichtteilchen aus, die letzteren verlieren also ihre Beziehung zu ersteren und hören auf, sie zu „bemerken“, das heißt etwas in ihrem Benehmen infolge der Anwesenheit der Körper zu ändern. Die Geschwindigkeit der Lichtteilchen bleibt unverändert, wenn man ihre Bewegung in einem anderen Bezugssystem, das die Körper bilden, betrachtet, ist also absolut, wie Hegel formuliert. Hier kann man ein anschauliches Beispiel anfügen: Wenn sich aus den Wolken ein Regen bildet und auf der Erde Pfützen entstehen, so sind die letzteren ohne Bedeutung für das Verhalten der Wolken. So sind auch die Körper, wenn man sie als „Lichtpfützen“ betrachtet, ohne Bedeutung für die Ausbreitung des Lichtes. Philosophisch kann man sagen, daß das Licht sich nicht bewegt, sondern daß die Bewegung einige Eigenschaften bekommt, die für die Bildung der Körper wichtig sind, und das wird Licht genannt. Auf die Frage „Was bewegt sich?“ kann man antworten, daß die Frage Sinn hat, wenn die Körper als Grundlage der Welt betrachtet werden und die Bewegung als den Zustand der Körper, aber diese Begriffe auch ihren Platz wechseln können. Im Verhalten des Lichtes merken wir das Entstehen überhaupt.

Das Gravitationsfeld, der Gegenstand der Betrachtungen in der allgemeinen Relativitätstheorie, ist ein eigenartiges Feld. Es ist allumfassend, nicht abge sondert und stellt darum kein völlig entwickeltes Feld dar, ist demnach von manchen Arten der Bewegung nicht unterscheidbar, wird also als Raum-Zeit-Eigenschaft dargestellt. Es kann „Vorfeld“ oder das Werden des Feldes genannt werden und befindet sich in der Reihe der Entwicklung von den Kör-

pern ziemlich weit entfernt, der Übergang zu den Körpern kann mit Schwierigkeiten verbunden sein.

Eine weitere Entwicklung der physikalischen Vorstellungen auf Grund der Naturphilosophie findet man im Lehrbuch der Elektrodynamik, das Frenkel in Deutschland geschrieben und veröffentlicht hat [7]. Das war ein bemerkenswert angelegtes Lehrbuch, das bald in vielen Hochschulen als Lehrbuch angenommen wurde. Im Vorwort zum ersten Band der gesammelten Werke von Jakob Frenkel schreibt der Akademiker I. E. Tamm: „Schon im ersten Kapitel der Elektrodynamik gibt der Autor eine sehr eigenwillige Darstellung der Elektrostatik, die sich nicht auf den Begriff der elektrischen Ladung, sondern auf den Begriff des elektrostatischen Dipols stützt ... Der Zweck dieser Wahl der Darstellung ist die Untersuchung der Analogie zwischen den elektrischen Wechselwirkungen der Dipole und der polarisierten neutralen Körper einerseits und den magnetischen Wechselwirkungen der geschlossenen Ströme andererseits.“ [7] Im Vorwort zum zweiten Band schreibt Professor J. G. Dorfman: „Der ‚Elektrodynamik‘ von J. Frenkel gebührt mit Recht eine außerordentliche Stelle in der Geschichte der Physik. Sie bildet eine neue Stufe in der Entwicklung der Elektrodynamik.“ [8]

Frenkel entwickelt die Elektrostatik so wie die Magnetostatik entwickelt wird. Eine solche Darstellung hat einen besonderen philosophischen Sinn. Wie Hegel bemerkt, werden im Magneten die entgegengesetzten magnetischen Ladungen nicht getrennt und auch nicht erhalten, bilden also keine Dinge. Der Magnet ist der Anfang der Dinge, was „das Werden“ genannt wird. Der magnetische Dipol entsteht bei der Bewegung der elektrischen Ladungen, die Dinge sind, da sie getrennt existieren und erhalten werden. Also ist die Bewegung eines Dinges die Ursache des Werdens anderer Dinge. Bekannt ist auch, daß man zum Begriff der Entropie durch Betrachtung der Bewegung der Körper kommt, und daraus folgt der Schluß, daß Entropie das Werden eines Dinges ist [9]. Wenn man als Grundlage der Elektrostatik den elektrischen Dipol annimmt, bedeutet das den Rückgang der Entwicklung von einem Ding zum Werden. Bei weiterer Betrachtung entsteht die Frage: Die Bewegung welchen Körpers stellt dieses Werden dar? Nehmen wir an, daß es die Bewegung einer magnetischer Ladung sei, aber da solche nicht existieren, können auf diesem Wege die elektrischen Dipole nicht entstehen. Man kommt zum Schluß, daß der elektrische Dipol aus der Bewegung keiner Dinge entsteht und, philosophisch gesagt, geistlicher Herkunft ist. „Wenn nichts Materielles zu finden ist, was ihnen zugrunde liegt, scheint es nur etwas Geistliches sein zu können.“ [10] In der Bestimmung der Herkunft der

elektrischen Erscheinungen besteht der Zweck des Rückganges von der elektrischen Ladung zum elektrischen Dipol. Weiter: Die elektrischen Erscheinungen bleiben nicht im Werden stehen, die Entwicklung geht zu den Dingen, und so entstehen elektrische Ladungen. Ihr Entstehen fördern die Quantengesetze der Bewegung (das Quant ist der Anfang der Körper), die nicht zulassen, daß entgegengesetzte Ladungen stark miteinander verbunden wären. Schwache magnetische Wirkungen der magnetischen Dipole, die mit elektrischen Ladungen verbunden sind (nicht verschwundene Relikte des Werdens), üben nur einen mäßigen Einfluß auf die Bewegung der Ladungen aus und verändern die Quantenbedingungen nicht besonders. Der Übergang von den magnetischen Dipolen zu magnetischen Ladungen wird behindert durch starke Wirkungen der elektrischen Dipole, die mit magnetischen Ladungen verbunden sind. Die Quantenbedingungen werden stark beeinflußt, dann werden entgegengesetzte magnetische Ladungen nicht getrennt. So bleiben magnetische Erscheinungen bisher das Werden, aber es kann sein, daß bei besonderen Bedingungen im Laboratorium freie magnetische Ladungen hergestellt werden können.

Betrachtet man die Ladungen in Bewegung weiter, taucht ein neues Phänomen auf – die Ausstrahlung einer elektromagnetischen Welle. Die elektromagnetische Welle ist das Werden von etwas, das folgt, und besitzt Eigenschaften, die sie in den Zusammenhang mit den Körpern stellt: das sind die endliche Geschwindigkeit der Ausbreitung und der Übertragung von Energie und Impuls, die bei den Wechselwirkungen mit den Körpern mit deren entsprechenden Größen erhalten werden, also vereinigt. Das bedeutet auch die Veränderlichkeit der Körper, die in der Relativitätstheorie dargestellt wird. In der elektromagnetischen Welle, als das Werden betrachtet, sind das elektrische und das magnetische Feld gleichberechtigt und führen zusammen zur Vereinigung mit den Körpern. Zur Untersuchung der Erscheinungen mit bewegten Feldern und Körpern können die Transformationsgleichungen der Relativitätstheorie herangezogen werden und das wird getan. Die Relativitätstheorie findet hier ihren Platz, sie bildet den zweiten Teil des Lehrbuches.

Der nächste Schritt in der Darstellung der Elektrodynamik wird Feldtheorie der Materie genannt, das ist der Übergang von der elektromagnetischen Welle zu einer Korpuskel, die nicht nur eine Ladung, sondern auch eine Ruhmasse besitzt, die mit der elektromagnetischen Energie in Beziehung steht. Die Ruhmasse bedeutet Stabilität, Unveränderlichkeit, aber da diese Eigenschaften von elektromagnetischer Herkunft sind, können sie nur als relative angesehen werden.

Das Lehrbuch der Elektrodynamik stellt die vollständige Reihe der Entwicklungsstufen dar, wo auch die Relativitätstheorie ihren Platz findet. Somit wird die „metaphysische“, nach dem Begriff von F. Engels (richtiger gesagt nach der Art des Denkens – aristotelische), Darstellung der Physik, die, wie F. Engels bemerkt, meist vollkommen in der Mechanik von Newton dargestellt ist, überwunden, und werden die Tatsachen in der Reihe der Entwicklung ausgebreitet. In der Biologie wurden dank Darwin die biologischen Arten der lebendigen Natur in Entwicklungsreihen dargestellt, wurde also das aristotelische System, das Linnè entwickelt hatte, überwunden. Aber in der lebenden Natur sind die Entwicklungsstufen anschaulich (außer der ersten Stufe, die sich auf die Entstehung des Lebens bezieht); in der Physik müssen sie philosophisch betrachtet werden.

In der Zeit vor dem Entstehen der Relativitätstheorie verminderte sich jedoch das Interesse an der Philosophie in Deutschland, was F. Engels betonte und auch F. Nietzsche bemerkte; darum wurde die Relativitätstheorie in Deutschland nicht in der nötigen Weise verstanden. Manche schon gut bekannte Physiker wurden zum Gegner dieser Theorie und bezeichneten sie als „nicht arisch“, was die Arbeiten auf dem Gebiete der Relativität behinderte.

Anders lagen die Dinge in der Sowjetunion, wo solche Hindernisse nicht existierten, da Lenin, der die deutsche Philosophie gut verstand, den Weg für die Verbreitung der Relativitätstheorie frei hielt. Er betonte dabei, daß der Materialismus dialektisch (das heißt die Entwicklung anerkennend) sein muß. Auf eine solche unvollkommene Weise hat die deutsche Philosophie einige Zeit die Verbreitung der Relativitätstheorie gefördert. Das wichtige Ergebnis der Relativitätstheorie, daß jeder Körper eine große Menge der Bewegung enthält, die befreit werden kann, wurde angenommen und führte zur Beherrschung der Kernenergie.

Frenkel beteiligte sich auch auf diesem Gebiet, entwickelte die Theorie der Kernspaltung und schrieb ein populäres Buch – „Prinzipien der Theorie der Atomkerne“. Er hatte die Absicht, auch ein philosophisches Buch zu schreiben, aber dazu reichte seine Lebenszeit nicht aus. Man kann sich nicht sicher sein, ob es ihm gelungen wäre, ein solches Buch herauszubringen, da die Philosophie unter der Aufsicht des Staates stand. Die physikalischen Werke, die Jakob Frenkel veröffentlicht hat, sind jedoch so gründlich, daß sie auch eine Philosophie der Natur darstellen. Der Author dieses Beitrags schrieb: „Das Werk von J. Frenkel kann als Philosophie der Natur gekennzeichnet werden, was markant für unser Jahrhundert ist, in dem die philoso-

phischen Voraussetzungen eine wesentliche Grundlage für die Erarbeitung von naturwissenschaftlichen Vorstellungen darstellen.“ [11]

Kurz vor dem Ende seines Lebens begann Frenkel das Wesen der Körper vom Standpunkt der Quantenelektrodynamik aus zu betrachten, genauer gesagt, von der Möglichkeit des Auftretens der Paarbildung [12]. Nach seinen Vorstellungen entsteht neben einem gegebenen Elektron ein Elektron-Positron-Paar und mit dem letzteren wird das ursprüngliche Elektron annihiliert. Das verbliebene Elektron kann sich an einer anderen Stelle des Raumes befinden, kann sich aber in seinen Eigenschaften von dem ursprünglichen nicht unterscheiden. Das Elektron ist jeden Augenblick neu, besitzt also nicht die Eigenschaft der Selbstidentität, seine erhalten bleibenden Eigenschaften – die Ladung und die Ruhmasse – „schützen“ es nicht vor dem Verschwinden. Die Selbstidentität des Körpers ist eine scheinbare, rührt von der Identität der Eigenschaften der Elektronen her. Diese Identität der Eigenschaften ist ein Relikt des Werdens, von dem die Elektronen noch nicht befreit sind. Das Wesen der Körper besteht in besonderen (nicht allen) Arten der Verwandlungen und nicht im Besitz von stetigen Größen. Man kann nicht genau wissen, wohin Frenkel mit seinen Erkenntnissen aus dem Gebiet der Elektrodynamik noch hätte kommen können, es kann aber sein, daß er die Möglichkeit verwirklichen wollte, zurück zum Anfang zu gelangen, der Richtung der Entwicklung durch die dargestellten philosophischen Vorstellungen folgend. Hierzu passen die Worte von Anaximander: „Der Ursprung der Dinge ist das Grenzenlose. Woraus sie entstehen, dahin vergehen sie auch mit Notwendigkeit.“ [10]

Die Philosophie bestimmt nicht eindeutig die physikalischen Vorstellungen, und weitere Forschungen auf dem Gebiet des Wesens von Raumes, Zeit, Bewegung usw. können notwendig sein, was aber schon geschaffen wurde und als zweckmäßig anerkannt ist, darf nicht außer Acht gelassen werden. Man kann auf einige Arbeiten in unserer Gesellschaft verweisen ([13], [14]).

Literatur

- [1] Frenkel, V.J.: Jakob Iljitsch Frenkel. Nauka, Moskau-Leningrad, 1966 (in Russ.)
- [2] Frenkel, J.: Die Relativitätstheorie. Misl, Petrograd, 1923 (in Russ.)
- [3] Frenkel, J.: Albert Einstein. Enzykl. Wörterbuch „Granat“, B. 52, S. 143–152, 1927 (in Russ.)
- [4] Rice, J.: Relativitätsprinzip. Staatsverlag, Moskau-Leningrad, 1928 (in Russ.)
- [5] Frenkel, J.: What does Einstein mean? Science, vol. 74, No. 1929, pp. 609–618, 1931

- [6] Frenkel, J.: Die Relativitätstheorie von Einstein. Front der Wissenschaft und Technik, No. 5–6, S. 38–48, 1935 (in Russ.)
- [7] Frenkel, J.: Elektrodynamik. Sammlung ausgewählter Werke, Band I. Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Moskau-Leningrad, 1956 (in Russ.)
- [8] Dorfmann, J.G.: Jakob Iljitsch Frenkel. J. I. Frenkel – Sammlung ausgewählter Werke, Band II. Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Moskau-Leningrad, 1958 (in Russ.)
- [9] Kozlovskij, V.: The concept of caloric in the theory of heat. Abhandlungen der WIGB (Wissenschaftliche Gesellschaft bei der Jüdischen Gemeinde zu Berlin und ZWST), Band 3, S. 33–36, Berlin, 2003
- [10] Zimmer, E.: Umsturz im Weltbild der Physik. Knorr & Hirth, München, 1942, Kap. 10
- [11] Kozlovskij, V.: Frenkels Forschungen über die Theorie der festen und flüssigen Körper. Fragen der theoretischen Physik, Russische Akademie der Wissenschaften, Sankt-Petersburg, S. 103–110, 1994 (in Russ.)
- [12] Frenkel, J.: Begriff der Bewegung in der relativistischen Quantentheorie. Vorträge der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Band 64, No. 4, S. 507–509, 1949 (in Russ.)
- [13] Gribov, Iu.: About the nature of wave function in quantum mechanics. Abhandlungen der WIGB, Band 2, S. 15–28, Berlin, 1999
- [14] Gribov, Iu.: The photosting universe and the antigravity of the antiparticle. Abhandlungen der WIGB, Band 3, S. 37–46, Berlin, 2003