

Kecsondi András

A TÉR ÉS AZ IDŐ KAPCSOLATA A MOZGÓ ANYAGGAL.

/Doktori értekezés./

1961.



Diss. | B 284



" Nincs semmi a világon, csak a mozgásban lévő anyag, a mozgásban lévő anyag pedig nem mozoghat másképp, mint térben és időben".

Lenin.

B E V E Z E T Ő S.

A tér és az idő, valamint a mozgó anyaggal való kapcsolatuk kérdése - mindig a filozófia és a természettudomány egyik legfontosabb, legbonyolultabb és éppen ezért egyik legvitatottabb kérdése volt. E probléma körül már évszázadok óta harc folyik a materializmus és az idealizmus között. "... a két fő filozófiai vonal lényegesen különbözik ebben a kérdésben is".¹ Ez a harc nem véletlenül bontakozott ki; hiszen mint erre Engels rámutatott, a tér és idő kérdése szoros kapcsolatban van a filozófia alapkérdésével. E vita lényege abban foglalható össze, hogy amíg a materialisták elismerték a tér és az idő objektív jellegét, addig az idealisták tagadták azt, s ilyen vagy olyan módon szubjektivizálták a filozófia ezen két kategóriáját. Legismertebb Kant felfogása, aki a teret és az időt úgy fogta fel, mint az "érzéki szemlélet tiszta formáit".² A tér és idő problémájának megoldása - az elméleti megalapozottságon kívül a két fő filozófiai módszer kérdésében elfoglalt állásponttól is függ. A tér-és időfelfogásnak e szempontból is két koncepciója alakult ki: egy dialektikus és egy metafizikus. Az előbbi a teret és az időt összekapcsolta a mozgó anyaggal, az utóbbi pedig abszolútizálta azokat.

Az egyik irányzat /a./, amely Aristotelestől indul el és amelyet Leibniz és Huygens dolgozott ki, úgy tekinti a teret és az időt,

mint maguknak a dolgoknak általános sajátosságát, mint a dolgok egymásmellettiségének és az események egymásutániságának rendjét, azaz mint magának az anyagnak a létformáit. A másik koncepció /b./, melyet a görög atomisták - Demokritos, Epikuros és Lucretius - fogalmaztak meg először, s melyet Newton dolgozott ki részletesen és következetesen, a teret és az időt, mint a létezés általános formáit, mint az anyagi dolgok és események tartályát, azaz mint reálisan létezőt, az anyagtól függetlent és anyag mellett létezőt fogta fel. Vagyis az egyik álláspont /a./ szerint az idő és a tér az anyagtól függetlenül nem létezik, a másik irányzat /b./ szerint viszont a tér és az idő abszolút, azaz független az anyagtól, a teret és az időt "mint valóságot értjük, amely némely vonatkozásban reálisabb az anyagi világnál".³ Newton "... a teret nemcsak mint különálló dolgot, mint az anyagi tárgyaktól függetlent fogta fel, hanem abszolút szerepet tulajdonított neki az elmélet egész oksági /kauzális/ struktúrájában. Ez a szerep abszolút abban az értelemben, hogy a tér /mint inerciális rendszer/ hat minden anyagi dologra, ugyanakkor az utóbbiak nem hatnak vissza a térre".⁴

Ezen két koncepció harca végigvonul a tér és idő elméletén mind a filozófiában, mind a természettudományban. A két koncepció közül sokáig a newtoni /b./ koncepció volt az uralkodó. Ez azszal függ össze, hogy a természettudományokban Newton mechanikája uralkodott, s ez a mechanika az abszolút tér és abszolút idő felfogáson alapult. Mint Einstein írta: "Newton felfogása volt a tudomány fejlődésének abban a szakaszában egyedül lehetséges és ami fő, egyedül hasznos".⁵

A tér és idő filozófiai kérdéseit csak a dialektikus materializmus tudta helyesen megoldani. A marxista filozófia mindenképp hangsúlyozza a tér és az idő objektív jellegét. "A materializmus - írja Lenin - elismeri az objektív valóságot, vagyis a mozgásban lévő anyag tudatunktól független létezését, ezért elkerülhetetlenül el kell ismernie az idő és a tér objektív valóságát is,..."⁶ A tér és az idő objektív jellegének elismerésén túl a marxista filozófia bebizonyította ezek elválaszthatatlan kapcsolatát a mozgó anyaggal. A dialektikus materializmus a teret és az időt, mint az anyag sajátos létformáit fogja fel. Engels, bírálva Hegeli felfogását, rámutatott arra, hogy a tér és az idő anyag nélkül, az anyagtól függetlenül nem létezik. "Az anyag e két létezési formája az anyag nélkül természetesen semmi, üres elképzelés, csak a fejünkben meglévő absztrakció".⁷ Hasonlóan vélekedik Lenin is: "A mozgás az idő és a tér lényege".⁸

Mivel a tér és az idő a mozgó anyag létformái, a konkrét sajátosságaikat mindig az anyag és az anyag mozgása, mint tartalom, határozza meg. Ez azt jelenti, hogy a tér és az idő viszonylagos. Ugyanakkor a dialektikus materializmus arra is rámutat, hogy az anyag sem lehet tér és idő nélkül; az anyag mozgását mindig térben és időben végzi....a mozgásban lévő anyag pedig nem mozoghat másképp, mint térben és időben".⁹ Hogy a tér és az idő az anyag létezési formái, hogy az anyag mindig térben és időben végzi mozgását, a tér és az idő abszolút jellegét mutatja.

A dialektikus materializmus tanítása szerint, tehát a tér és az idő, mint minden létezés elengedhetetlen, egyetemes feltétele, mint amely létezésében független az anyag konkrét megjelenési formái-

től, - abszolút jellegű; de mint, amelynek konkrét tulajdonságait és szerkezetét mindenkor a mozgó anyag határozza meg és amely konkrét természetében függ az anyagtól, - viszonylagos jellegű.

A dialektikus materializmus ezen tanításából következik, hogy a tér és az idő tanulmányozása során sohasem vonatkoztathatunk el a mozgó anyagtól. A tér és idő tulajdonságait csak úgy tudjuk feltárni, ha figyelembe vesszük, hogy e két kategória elválaszthatatlan kapcsolatban áll az anyaggal, hogy az anyag határozza meg azokat. Ez nemcsak a tér és idő általános, - azaz filozófiai, - hanem konkrét - azaz fizikai - tulajdonságainak tanulmányozására is vonatkozik. E szempont figyelmen kívül hagyása ugy filozófiai, mint természettudományi síkon helytelen eredményre vezet és egyben a dialektikus materializmus tételeitől való eltávolodást, az idealizmushoz való közeledést jelent.

X

A tér és idő filozófiai kérdései az utóbbi időben ismét az érdeklődés középpontjába kerültek. Ezt a tér és az idő fizikai és geometriai elméleteinek megváltozása váltotta ki. Bolyai, Lobacsevszkij és Riemann geometriai tanításai, később pedig Einstein relativitáselmélete és Minkowski négydimenziós téridő kontinuumának megváltoztatása a régi, Newton-féle tér- és időfelfogást. Ezek az új elméletek sok vonatkozásban gazdagították a tér és idő lényegére vonatkozó elképzeléseinket, és bebizonyították a dialektikus materializmus e kérdésekben elfoglalt álláspontjának igaz voltát. Ugyanakkor ezek a természettudományi eredmények egy sor új problémát vetettek fel, s megkövetelték a filozófiától, hogy e kérdésekben foglaljon állást. A geometria és a fizika által felvetett kérdésekről a filozófusok különbözőképpen vé-

lekedtek, attól függően, hogy milyen fő filozófiai áramlathoz tartoztak. Az idealista filozófusok természetesen igyekeztek kihasználni az új elméleteket, és érveket kovásoltak filozófiájuk támogatására. A dialektikus materializmus képviselői - annak ellenére, hogy egyes marxista filozófusok egyideig nem értették meg a relativitáselmélet lényegét, és azt negatívan értékelték - bebizonyították, hogy ezek az elméletek semmilyen támaszt nem nyújtanak az idealizmusnak, hanem éppen a tér és idő szubjektív felfogásainak cáfolatát és a materialista felfogás igazolását adják.

As, hogy ezen elméletek a dialektikus materializmus tér- és időfelfogását igazolták, korántsem jelenti, hogy a marxista filozófusok között nem voltak és nem lennének viták az egyes kérdésekben. A vita elsősorban a körül folyik, hogy milyen a viszony a tér és az idő, valamint a mozgó anyag között; hogy az új elméletek alapján hogyan kell értelmeznünk a tér és az idő /illetve a téridő/ abszolút és viszonylagos jellegét. A tér és az idő új fizikai és geometriai elméletei éppen ezekkel a kérdésekkel foglalkoznak, s így nagy segítséget adnak a marxista filozófusoknak, hogy helyesen oldják meg a filozófia ezen fontos problémáit.

Különösen jelentős a relativitáselmélet filozófiai általánosítása. Az új speciális relativitáselmélet kimutatta, hogy a tér és az idő egy fogalomban, - a téridő fogalmában, - egyesülnek, s hogy a téridő - a tértől és az időtől eltérően - független a mozgótest sebességétől, azaz abszolút. Ismeretelméleti szempontból igen fontos annak eldöntése, hogy miként értelmezzük a speciális relativitáselmélet ezen következtetését; vagyis el kell-e ismernünk filozófiai szempontból is a tér és az idő egy-

fogalomban való egyesülését, s ezt a téridőt abszolutnak kell-e tekintenünk, avagy sem. Másként mondva: megállhatunk-e az ún. speciális relativitáselmélet filozófiai általánosításánál, avagy sem? Szerintünk az olyan filozófiai elméletek, melyek csak a speciális relativitáselmélet álláspontját általánosítják, nem léphetnek fel a teljesség igényével még ismereteink jelenlegi színvonalán sem, egyoldalúak. Dolgozatunknak az a célja, hogy bebizonyítsuk: a tér és az idő /avagy a téridő/ abszolút és relativ jellegének eldöntésénél a speciális relativitáselmélet tanítása mellett messzemenően figyelembe kell venni az ún. általános relativitáselmélet tanítását is. Eppen ezért kitérünk A.D. Alexandrov álláspontjának ismertetésére és elemzésére, amely annak ellenére, hogy igen komoly és megalapozott, mivel csak a speciális relativitáselmélet általánosítását adja, nem lehet teljes és bizonyos helytelen következtetések levonására ad lehetőséget. A.D. Alexandrov álláspontjának lényege az, hogy a mozgó anyagnak csak egyetlen létformája van: az abszolút téridő; s ennek van két viszonylagos oldala: a tér és az idő.

" A relativitáselmélet lényege abban áll, hogy feltárja azt a tényt, hogy ezek a viszonyított jellemzők a függetlenek, az abszolutnak aspektusai. A fődolog nem a térnek és az időnek a relativitásában van, hanem abban, hogy mindkettő az anyag egységes, abszolút létezési formája, a téridő aspektusaként jelentkezik".¹⁰ A.D. Alexandrov ezen álláspontjával nem lehet teljesen egyetérteni. Dolgozatunkban éppen ezért a relativitáselmélet filozófiai általánosításának kérdéseivel foglalkozva kifejtjük felfogásával kapcsolatos véleményünket is.

Mivel a speciális relativitáselmélet egyrészt a klasszikus fizika tér és idő felfogásának korlátozását adta, másrészt következtései - elsősorban az abszolút téridő fogalma - bizonyos hasonlóságot mutat az abszolút tér és abszolút idő newtoni felfogásával, ezért elő-

szőr Newton és követőinek álláspontját ismertetjük. Ezután áttekintjük a /speciális/ relativitáselmélet főbb tételeit és ezek filozófiai jelentőségét. Majd ezen elmélet filozófiai általánosításának kérdéseivel, s ezzel kapcsolatban A.D. Alexandrov felfogásával foglalkozunk. Itt térünk ki az ún. általános relativitáselmélet téridő felfogására, s ezen felfogás ismeretelméleti jelentőségére is. S végül figyelembe véve a modern természettudományok eredményeit, kifejtjük álláspontunkat a tér és az idő abszolút és relatív jellegéről, illetve a tér és az idő anyaggyal való kapcsolatáról.

I.

Newton /1643-1727/ felfogása és lényegében az egész klasszikus fizika Galilei /1564-1642/ tanításán, az un. Galilei-féle tér maximális homogenitásán alapul. A Galilei-féle tér homogenitása a következőt jelenti: 1./ az idő minden pontja és momentuma egyenértékű; 2./ minden térbeli pont és irány egyenértékű, melynek megfelel az euklidosi geometria; 3./ minden inercia-rendszer, vagyis olyan rendszerek, melyek egymáshoz képest egyenesvonalu egyenletes mozgást végeznek, - mechanikai szempontból egyenértékűek. /Ez az un. Galilei-féle relativitáselmélet./

Galilei ezen tételeire alapozva fejti ki Newton saját elképzeléseit a térről, időről és a mozgásról. Mint ismeretes, ő elismeri az abszolút idő és az abszolút tér fogalmát, s ez utóbbit elhatárolja a viszonylagos tértől. "A természetfilozófia matematikai kezdetei" c. művében Newton a következőképpen határozza meg az abszolút idő fogalmát:

"Az abszolút, igaz matematikai idő önmagában és lényegét tekintve, minden külsős való mindennemű kapcsolattól elvonatkoztatva, egyenletesen folyik, s ezt másként tartoznak nevezsük".¹

Azaz Newton szerint létezik egy bizonyos világidő, amely egyforma sebességgel folyik az egész Világmindenségben. Ha rendelkezünk megfelelő technikai berendezésekkel, akkor a Világmindenség bármely részében végbemenő események egyidejűsége megállapítható, függetlenül attól, hogy ezek az események egymáshoz viszonyítva nyugalomban vannak-e, avagy mozgást végeznek. Az abszolút idő folyása nem függ az anyagi testek mozgási állapotától, egyenletes mindig és mindenhol!

Az abszolút idő mellett - Newton beszél az un. viszonylagos, vagy látsszólagos időről is!

"A viszonylagos, látszólagos vagy közönséges idő a tartamnak vagy pontos, vagy változó, érzékelhető, külső, valamely mozgással összefüggő mértéke, amely a köznap életben használatos az igazi matematikai idő helyett, mint például óra, nap, hónap, év".²

A közönséges vagy viszonylagos idő tehát nem más, mint amit érzékszerveinkkel érzékelünk. Ez az idő az abszolút időnek bizonyos aspektusa, kifejeződése. Ez az idő, lényegében az idő érzetével azonos, tehát szubjektív.

Hasonló Newtonnak a térről vallott felfogása is:

"Az abszolút tér lényegét tekintve, minden külső dologtól függetlenül, mindig egyforma és mozdulatlan".³

Az abszolút tér tehát hasonlóan az abszolút időhöz, független a "benne" elhelyezkedő tárgyaktól. Ha van egy bizonyos hossz mértékem, az mindig ugyanolyan hosszú marad, függetlenül attól, hogy nyugalomban, vagy mozgásban van.

Az abszolút tér mellett - Newton szerint - létezik az ún. viszonylagos tér is:

"A viszonylagos tér a térnek valamely mértéke, vagy valamely körülhatárolt része, amelyet érzékeink határoznak meg az egyes testekhez képest elfoglalt helyzete szerint, és amelyet a közönséges életben mozdulatlan térnek veszünk..."⁴

A közönséges tér, tehát az abszolút tér bizonyos meghatározott része, amely a "benne" elhelyezkedő testektől függ. A gyakorlatban a tudományok nem az abszolút teret, hanem ez utóbbit használták. A pusztán mozdulatlan abszolút tér helyett mechanikájában maga Newton is mindig olyan koordináta rendszert használt, amely anyagi testekkel kapcsolatos; pl. Föld, Nap, Csillag, Csillagrendszer, stb.

A newtoni koncepció lényege tehát az, hogy az /abszolút/ tér és az /abszolút/ idő független a mozgó anyagtól, olyan mint egy-egy nagy "üres tartály", amelyekbe belehelyezik a dolgokat, s ezek a dolgok semmilyen hatással nincsenek magára a "tartályra". Vagyis elszakítja a teret és az időt egymástól és az anyagtól, teljesen elvonatkoztatja, abszolutizálja őket.

X

Ha az absztrakció az egyes szaktudományok területén, - jelen esetben a klasszikus mechanikában, - bizonyos fokig indokolt lehet. Az egyes szaktudományok ugyanis a tárgyukat képező jelenségeket, ill. mozgásformákat vizsgálva, bizonyos dolgokat, jelenségeket, tulajdonságokat abszolútnak tekinthetnek: olyan tulajdonságokat, melyek ezek a területen, a tudomány által meghatározott feltételek, körülmények között általánosak, megváltoztathatatlanok, függetlenek, feltétlenek, önmagukban meghatározottak. Így azon jelenségkörön belül, amelyet a klasszikus mechanika vizsgál, bizonyos fokig jogosult az abszolút tér és az abszolút idő feltételezése, mivel itt a tér és az idő tulajdonságai függetlenek a mozgást végző testtől, azaz a newtoni mechanika csak olyan jelenséget vizsgál, ahol a mozgó test nem hoz létre észrevehető változást a tér és idő szerkezetében.

Newton ezen metafizikus tér és idő felfogása az un. Galilei-féle transzformáción alapul. A Galilei-féle transzformáció egy adott esemény tér és idő nagyságait, koordinátáit vizsgálja két inercia rendszerben. Ha az egyik vonatkozási rendszer /K/ tér és idő koordinátái:

x, y, z és t ; a másik rendszeré /K'/ pedig: x', y', z' és t' ; és a két koordináta rendszert úgy választjuk meg, hogy a K' rendszer a K rendszer X tengelyével párhuzamosan mozog v sebességgel, akkor a következő összefüggés adódik:

$$x' = x - vt, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = t \quad (1.)$$

A Galilei-féle transzformáció képleteiből látható, hogy bármely esemény térbeli távolságai és időbeli nagysága függetlenek az adott rendszer mozgási állapotától, változatlanok maradnak akkor is, ha megváltozik a rendszer sebessége /azaz ha átmegyünk egy másik inercia rendszerre/. Sem a térbeli koordináták, sem az idő koordináta nem függ sem egymástól, sem az adott test mozgásától. A térbeli és időbeli nagyságok ezen függetlenségén alapul a newtoni abszolút tér és abszolút idő fogalma.

Ez korántsem jelenti azt, hogy Newton szerint semmilyen kapcsolat nincs a tér és az idő, valamint a mozgás között. A klasszikus mechanika törvényei a testek mozgását mindig térben és időben írják le. A mechanikai mozgás két legfontosabb jellemzője a sebesség és a gyorsulás, melyek a mozgó testet jellemzik a tér különböző részeiben és különböző időmomentumokban. A mechanikai mozgást - Newton felfogása szerint is - a tér és idő jellemzi.

Az, hogy Newton meglátta és kimutatta, a mozgó test, valamint a tér és idő kapcsolatát, nem mond ellent az eddigieknek. Ő tudniillik egyrészt csak a kapcsolatukat látta, de nem látta, hogy a tér és az idő, valamint a mozgás egységben vannak, márpedig függetlenül attól, hogy felismerjük-e avagy sem, az objektív valóságban ezen kategóriák mindig szoros egységet alkotnak. Ez az egység abból adódik, hogy mind a mozgás, mind az idő és a tér az anyag lényegi tulajdonsága. Másrészt kapcsolatuknak Newton csak egyik oldalát emelte ki, tudniillik azt, hogy a mozgás térben és időben zajlik le, hogy függ a tértől és az időtől, de nem mutatott rá a tér és idő függőségére, hanem abszolútnak tekintette azokat.

Ha figyelmebe vesszük azt is, hogy Newton természetfelfogása a klasszikus atomelméletre épült fel, amely szerint az anyag "abszolút szilárd", modulatlan, egymástól "üres térrel" elválasztott atomokból tevődik össze, akkor meg kell állapítani, hogy nemcsak indokolt, hanem egyben szükségszerű is az abszolút tér és abszolút idő feltételezése. Einstein a már idézett cikkében ezzel kapcsolatban a következőket jegyzi meg:

"Nekem pedig úgy tűnik, hogy az ókori atomelmélet, amely szerint az atomok egymástól különállóan léteznek, szükségszerűen a tér /b./ típusát tételezi fel".⁵

A newtoni abszolút tér és abszolút idő felfogása bármennyire metafizikus is, a maga idejében szükségszerű, az adott feltételek /az anyag atomista felfogása, kis sebesség, stb./ között jogosult és indokolt volt. A klasszikus mechanika a mozgás, a tér és idő kapcsolatának bizonyos általános törvényeit tárta fel. De a newtoni fizika olyan jelenségek törvényeszerűségeit adta, amelyekben a mozgás nem hoz létre észlelhető észrevehető változást a tér- és időmértékeken. Ezért alakult ki az az álláspont, hogy a mozgó test térbeli és időbeli intervallumai egyenértékűek minden inercia rendszerben.

A newtoni koncepció legnagyobb fogyatékossága nem is ebben van, hanem abban, hogy Newton és még sokkal inkább követői ezt az álláspontot metafizikusan kiterjesztették a Világmindenség egészére, mármost nem vették figyelembe azt, hogy absztrakcióról van szó, hogy a tér és idő elszakítása a mozgó anyagtól csak bizonyos feltételek között indokolt. A klasszikus fizika felfogásának hibája éppen az, hogy a tér és idő abszolút jellegét nem mint szükséges absztrakciót tekintti, hanem úgy fogja fel, mint ezen kategóriák valóságos független-

ségét a mozgó anyagtól, s továbbá; hogy a tér és idő abszolút voltát kiterjeszti az objektív valóság egészére, vagyis nem megengedett általánosítást hajt végre.

X

A tér és idő ezen metafizikus felfogása idealista eltorzítás lehetőségét hordja magában. Newton a teret és az időt objektívnek, tudatunktól függetlenül létezőnek fogta fel; de azal, hogy a teret és az időt elválasztotta az anyagtól, lehetőséget teremtett e kategóriák szubjektívizálására. És ez a lehetőség Kant filozófiájában realizálódik. Kant - mint ismeretes - a teret és az időt az érzéki szemlélet tiszta formáinak tekintti, melyeket nem dűntheti vagy nem erőszitheti meg a tapasztalat, melyek tudatukban "eleve adottak", "velünk születettek", "tapasztalat előtti-ek". "A tér nem egyéb, - írja Kant - mint a külső érzékek, minden jelenségnek formája, azaz az érzékiség ana szubjektív feltétele, mely mellett egyedül lehetséges számunkra külső szemlélet,.... minden jelenség formája minden valódi észrehevés előtt, tehát a p r i o r i, van megadva az elemében..." "Az idő nem egyéb mint a belső érzéknek, azaz magunk s belső állapotunk szemléletének formája... Az idő minden jelenségnek általában formái a p r i o r i feltétele".⁶

Kant ezen álláspontját nyilvánvalóan Newton felfogására alapozta. Ő is - Newtonhoz hasonlóan - elszakítja a teret és az időt a "Ding an sich"-től, majd az így függetlenné tett teret és időt szubjektívizálja. Az abszolút tér és az abszolút idő newtoni felfogásából a tér és idő abszolútságára, azaz szubjektív jellegére következtet. Tehát amíg Newton csak az anyagtól szakította el a teret és az időt, de ugyanakkor objektívnek tekintette, addig Kant betetőzi ezt a folyamatot és úgy fogja fel azokat, mint a szubjektumunk függvényeit!

A tér és idő kanti felfogását lényegében már az a nagy változás megdöntötte, amely a geometria területén bekövetkezett a XIX. század első felében. Bolyai, Lobacsevszkij, Gauss, majd tanításaik alapján Riemann, kidolgoztak egy olyan geometriai rendszert, amely minőségi változást jelentett a geometria fejlődésében. Bebizonyosodott, hogy az eddigi térszemlélet, az ún. euklidesi geometria nem az egyedüli lehetséges térszemlélet, sőt kiderült, hogy ez a geometria csak egyik hátterese az ún. Riemann-féle geometriának.

A nem-euklidesi geometria filozófiai jelentősége többek közt az, hogy rámutatott a kanti tér- és idő felfogás tarthatatlanságára. Kant tér és idő elmélete - hasonlóan Newton tanításához - az euklidesi geometrián alapult. Kant ugyanis az euklidesi geometriát tartotta az egyetlen lehetséges geometriai térszemléletnek. Az euklidesi geometriát apriorinak tekintette, s ezért számára sohasem létezhet olyan tapasztalat, amely ellentmondana az euklidesi geometriának. Az euklidesi geometria "apriori jellegéből" Kant a tér apriori jellegére következtetett. A Bolyai-Lobacsevszkij-féle geometria, majd ennek riemann-i továbbfejlesztése, bebizonyította, hogy térszemléletünk nem apriori jellegű, hanem a tapasztalatból származik, s így maga a tér sem lehet a szemléletünk apriori formája, hanem az objektív valóság, az anyag formája. Engels Dühring felfogását bírálva, a következőképpen bizonyítja be, hogy a térképzetünk ténylegesen az objektív valóságból, s nem tudatunkból származik.

"Mint a szám fogalma, úgy az alak fogalma is, kizárólag a külső világból van kikücsönözve és nem a fejben a tiesta gondolkodásból keletkezett. Kellett, hogy legyenek dolgok, amelyeknek alakjuk volt, s amelyeknek alakját összehasonlították, mielőtt az alak fogalmához eljutottak. A tiesta matematikának tárgyát, a valóságos világ tényformái és mennyi-

ségi viszonylatai, tehát nagyon reális anyag alkotja. Hogy ez az anyag felette elvont alakban jelenik meg, az csak felületesen fedheti el a külső világból való eredetét. De hogy ezeket az alakokat, és viszonylatokat a maguk tisztaságában vizsgálhassuk, teljesen el kell őket választanunk tartalmuktól és est, mint kőszöveget, félre kell tennünk...."⁷

A tér és idő minden egyéb szubjektivista felfogása lényegében Kant felfogásából indult ki, s ilyen vagy olyan módon az ő apriori tér- és időfelfogását viszi tovább. Lenin Naoh és Avenarius felfogását bírálva, akik a teret és az időt "érzetsorok jól rendezett rendszereinek" tekintik, lényegében minden szubjektív idealista felfogás bírálatát adja: "...miként a dolgok vagy testek - írja - nem egyszerű jelenségek, nem érzetkomplexusok, hanem érzeteinkre ható objektív valóságok, éppúgy a tér és idő sem pusztán a jelenségek formája, hanem a lét valóságos, objektív formája".⁸

X

A tér és az idő newtoni felfogása fennállt még a nem-euklidesi geometria létrejötte után is. A XIX. század második felében azonban egyre inkább tarthatatlanná vált az abszolút tér és abszolút idő, valamint az abszolút mozgás /mely Newton szerint a test helyzetváltozása egyik abszolút helyről a másikra/ felfogása; egy sor fizikai jelenség megkérdőjeelte a klasszikus fizika, s ezzel együtt a newtoni tér- és időfelfogás revidálását.

A Michelson-Morley-féle kísérlet negatív eredménye, amely rámutatott az éter-elmélet, s ezzel együtt a newtoni abszolút mozgás, valamint abszolút tér és időfelfogás tarthatatlanságára, vezetett el lényegében a tér és idő új fizikai elméletének kidolgozásához. Az új

tér és időfelfogás megteremtői Albert Einstein /1879-1955/ és Hermann Minkowski /1864-1909/.

Einstein új elméletét - a relativitáselméletet - két szakaszban dolgozta ki: 1905-ben jelent meg a "Mozgó testek elektrodinamikája" c. tanulmánya, amely az ún. "speciális relativitáselmélet" első interpretációja volt. A speciális relativitáselméletet nagymértékben továbbfejlesztette H. Minkowski, aki megalkotta a tér-idő kontinuum fogalmát, s ezt összekapcsolta Einstein elméletével. 1915-ben Einstein nyilvánosságra hozta elmélete továbbfejlesztését. Ez az ún. "általános relativitáselmélet".^x

^x Még kell jegyeznünk, hogy ez az elmélet nem befejezett, még ma is egy sor tisztázatlan kérdése van!

II.

A moderna fizika, s elsősorban a relativitáselmélet, amely a tér és idő fizikai elmélete, elvetette az abszolút tér és abszolút idő, valamint az abszolút mozgás fogalmát. A fizikában ilyen módon megszűnt a tér "mint olyan", mint a mozgó anyaggal való minden kapcsolatot nélküli kiterjedés fogalma, és az időhossz "mint olyan", mint az anyagi testektől és a mozgástól független folyamatosság elképzelése. A tér és idő új elmélete, a relativitáselmélet egy újabb - s tegyük hozzá igen jelentős - lépést jelent a természet materialista értelmezésében, mivel kimutatja, hogy a reális tér és idő tulajdonságokat az anyag és az anyag mozgása határozza meg, s ezzel igazolja a dialektikus materializmusnak a térről és az időről, mint mozgó anyag létformáiról szóló tanítását. Sőt a modern természettudomány tér- és időfogalma nemcsak igazolta a marxista filozófia felfogását, hanem lehetőséget adott e fogalom további tisztázására, tulajdonságainak pontossá-tételére, a tér és az idő újabb tulajdonságainak feltárására. Éppen ezért ezen természettudományos tér- és időfogalom filozófiai általánosítása elengedhetetlen feltétele a materialista tér- és időfelfogás továbbfejlődésének.

Az új tér- és időfogalom megteremtésében nagy szerepe volt a speciális relativitáselmélet, valamint a téridő kontinuum fogalmának megalkotása.

A speciális relativitáselmélet kiinduló tétele az ún. relativitás elve, amely a fizikai törvények kovariáns jellegére mutatott rá, kimondva, hogy a természet törvényei minden inercia rendszerben egyformák. Ez az elv pontosan megfogalmazva így hangzik:

"A természetben minden egymáshoz képest egyenesvonalu egyenletes mozgást végző vonatkozási rendszer egyenrangú, bármilyen mechanikai, elektromos, vagy fénytani, stb. jelenségről legyen is szó".¹

Einstein ezen alapelvéből következik egy másik igen fontos tétel, amely azt mondja ki, hogy a fény /ill. minden elektromágneses hullám/ terjedési sebessége vákuumban /légtérres térben/ minden inerciális koordináta rendszerhez viszonyítva egyenlő. Ez a fénysebesség állandóságának elve, amely így szól:

"A fény terjedési sebessége bármely egymáshoz képest egyenesvonalu mozgást végző rendszerben mérve ugyanannyinak adódik".²

Ebből az elvből a fénysebesség állandóságán kívül következik az is, hogy a fénysebességnél nagyobb sebesség nem érhető el, hogy elvileg nem létezhet olyan hatás, amely a fénysebességnél nagyobb sebességgel terjed. Tehát a fénysebesség állandóságának elve egyben a fénymaximális voltát is jelenti.

Einstein érdeme tehát mindenekelőtt az, hogy összefogta ezt a két alapelvet. Nem kell megjegyeznünk, hogy a relativitás elve nem Einstein-tól származik, hanem - mint láttuk - már Galilei kimondta, hogy mechanikai szempontból minden inercia, tehát egymáshoz képest nyugalomban, vagy egyenesvonalu egyenletes mozgásban lévő koordináta rendszer egyenértékű; az ilyen rendszerben minden mechanikai törvény egyformán érvényes. Einstein a speciális relativitáselméletében ezt az elvet általánosítja, kimondva, hogy az inercia rendszerek nemcsak mechanikai, hanem elektromos, fénytani, stb. szempontból is teljesen egyenértékűek, azaz az ilyen rendszerekben minden természeti törvény egyformán érvényes, a természeti törvények kovariáns jellegűek.

Már a két kiinduló tételből is látható, s a további vizsgálódásunk szempontjából igen lényeges, hogy az elmélet alapja az un. inerciális koordináta rendszer, s az ezzel kapcsolatos tér és idő koordináták $/x, y, z, t/$. Világos, hogy mindazon tételek, amelyek a relativitás és a fénysebesség állandóságának elvéből következnek, nem vonatkozhatnak minden fizikai, avagy anyagi jelenségre, hanem csak azokra, melyek egymáshoz képest egyenesvonalu egyenletes mozgást végeznek /ill. speciális esetként egymáshoz képest nyugalomban vannak./ Tehát a speciális relativitáselmélet és törvényei csak ezen meghatározott feltétel mellett érvényesek.

Mint említettem, Einstein egyik legnagyobb érdeme az, hogy kiemeli a természeti törvények kovariáns /független/ jellegét./ Természetesen ez a kovariáns jelleg is csak az inercia rendszerekre érvényes./ De ezzel nem merül ki Einstein és a speciális relativitáselmélet jelentősége. A relativitás és a fénysebesség állandóságának elvéből egy sor, mind fizikai, mind gnoszeológiai szempontból jelentős következtetés adódik. S ezek a következtetések elsősorban az elmélet alapját képező tér és idő koordinátákkal kapcsolatosak.

x

Az első következtetés az események^x egyidejűségével kapcsolatosak. - Newtonnak mint láttuk az volt a felfogása, hogyha két je-

x Fizikában eseményen valamely adott koordináta rendszer terének meghatározott P $/x, y, z/$ pontjában történő jelenséget értünk; pl. fényfelvillanás. Minden más jelenséget úgy kell tekintenünk, mint nagyszámu események összességét, halmazát. Ez a körülmény azután lehetővé teszi, hogy - mivel igen rövid idő intervallumról, időközről van szó - a tér három koordinátája mellé felvegyük az esemény negyedik jellemzőjének az idő koordinátát $/t./$. Vagyis minden eseményt így négy adat $/x, y, z, t/$ határoz meg.

lenség egyidejű egy vonatkozási rendszerben, akkor - az abszolút idő fogalmából következően - egyidejű minden más inercia rendszerben is. A fénysebesség állandóságának elvét véve alapul, ez a törvény nem állja meg a helyét, vagyis nem érvényes az események abszolút egyidejűsége. Két esemény /pl. két fényforrás felvillanása/, amely egyidejű az egyik koordináta rendszerben, nem lesz egyidejű, azaz egymásutáni lesz egy másik inercia rendszerben. Kitűnt, hogy az idő ritmikája függ a mozgó test sebességétől, a sebesség növekedésével a rendszerben végbemenő folyamatok lelassulnak, tehát az időtartamok meghosszabbodnak. A sebesség növekedésével az időintervallum $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ -tel növekszik meg, azaz

$$dt = \frac{dt_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (2.)$$

ahol v = test sebessége; $c = 3 \cdot 10^{10}$ = fénysebesség; dt_0 = időtartam a nyugvórendszerben; dt = időtartam a mozgórendszerben. Ez az ún. idődilatació.

A relativitáselmélet másik következtetése az volt, hogy nem létezik a newtoni abszolút tér. Einstein kimutatta, hogy a távolság függ a mozgórendszer sebességétől. Pl. egy mozgórendszerben mért távolság rövidebbnek adódik egy álló rendszerből mérve. A természet alapvető törvénye, hogy a mozgórendszerbeli távolságok állórendszerből mérve megrövidülnek, vagyis a testek távolsága ill. hossza a sebesség növekedésével csökken. A hosszúság tehát nem abszolút adat, hanem függ a test mozgási állapotától. A mozgó test a mozgás irányában minden esetben $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ -szer rövidebbül meg, azaz a mozgó rendszerbeni és nyugvórendszerbeni távolság viszonya a következő lesz:

$$dl = dl_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}, \quad (3.)$$

ahol v = a test sebessége; $c = 3 \cdot 10^{10}$ = fénysebesség; dl_0 = test hossza a nyugvórendszerben; dl = a test hossza a mozgórendszerben.

Ebből a két következtetésből is kitűnik, hogy a relativitás elmélete szerint tarthatatlan a newtoni abszolút tér és abszolút idő fel fogás; a tér és az idő tulajdonságai függenek a mozgó rendszer sebességétől. Az, hogy egy adott rendszeren belül milyen tér- ill. időviszonyok uralkodnak, milyen a tér és idő koordinátái, mindig az adott rendszer sebességétől, mozgási állapotától függ. Minden rendszernek megvan a maga - csak erre a rendszerre jellemző - tere és ideje. Ez utóbbit a relativitás-elmélet sajátidőnek nevezi. A sajátidőt minden rendszerben az ott lefolyó valamely periódikus folyamat ciklusával mérjük. Ugyanígy minden rendszernek megvan a saját térmértékrendszere is. Ez azt jelenti, hogy a tér és idő tulajdonságai önmagukban nem meghatározottak, hanem a mozgó test /inercia-rendszer/ sebességétől függenek, vagyis ha megváltozik a test sebessége, megváltoznak a test tér és idő viszonyai, koordinátái is; más szavakkal: ha egyik inercia rendszerről átmegyünk egy másik inercia rendszerre, akkor a tér és idő koordinátáinkat át kell számítani, transzformálni kell. Két koordináta rendszer tér és idő koordinátái közötti viszonyt az ugynevezett Lorentz-féle transzformáció képletei fejezik ki:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; \quad y' = y; \quad z' = z; \quad t' = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (4.)$$

ahol x, y, z, t a K -vonatkozási rendszer tér és idő koordinátái; x', y', z', t' pedig a K' rendszerben az x tengely irányában v -sebességgel mozgó K' rendszer koordinátái; $c = 3 \cdot 10^{10}$ = a fény sebessége.

A speciális relativitáselmélet szerint tehát, az idő és a tér intervallumok szoros kapcsolatban állanak a mozgó test sebességével, mindig az határozza meg a tér hosszúságát és az idő momentumot. Míg a klasszikus fizika szerint a térbeli és időbeli nagyság azonos volt minden inercia rendszerben, addig a Lorentz-transzformáció szerint világossá válik, hogy ez - legalábbis nagy sebességek esetén - nem érvényes. Ha azonban az adott

koordináta rendszer sebessége v a fény sebességéhez c viszonyítva kicsi; akkor a $\frac{v^2}{c^2}$ értéke gyakorlatilag egyenlő lesz nullával, s ebben az esetben a Lorentz-transzformáció képletei /4/ átmennek a Galilei-féle transzformációba /1/; vagyis $x' = x - vt$, $y' = y$, $z' = z$, $t' = t$. Ebből számunkra az is érthető lesz, miért tekintette a klasszikus fizika a teret és az időt abszolútnak; tudniillik ez mindig csak olyan mozgásokkal foglalkozott, ahol a mozgó test sebessége a fénysebességéhez viszonyítva kicsi, s így a mozgás hatása a tér és idő intervallumokra is kicsi; érzékiileg nem felfogható, s gyakorlatilag elhanyagolható.

X

A speciális relativitáselmélet tehát bebizonyította, hogy a tér és idő mindig a mozgó test sebességétől függenek. Esáltal fizikailag megalapozta a dialektikus materializmus tanítását a tér és az idő relatív jellegéről. Kitűnt, hogy a tér és idő önmagában nem meghatározott, hanem mindig az anyag és az anyag mozgása határozza meg azokat. Ilymódon tarthatatlan a metafizikus materializmus tanítása az abszolút térről és az abszolút időről, nem tekinthetjük sem a teret, sem az időt önálló lényegnek, lényegüket csak úgy tudjuk helyesen felfogni, ha az anyaggal való szoros belső kapcsolatukban vizsgáljuk azokat.

A Lorentz-transzformáció képletei nemcsak a tér és az idő, valamint a mozgás szoros kapcsolatára, egységére mutatnak rá, hanem az egymás közötti kapcsolatukra is, a tér és az idő egységére is. A képletekből látható, hogy a tér koordináta x' nemcsak a mozgó test sebességétől függ, hanem az idő intervallumától t is, s fordítva: az idő intervallum t' függ a tér nagyságától x is. Ez a kapcsolat még világosabbá válik, ha az /2/ és /3/ képleteket vesszük figyelembe. Az egyszerűség kedvéért az

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

sását a

összefüggést jelöljük k -val. Akkor az idő koordináta változása

$$dt = dt_0 k \quad /5/$$

összefüggés, a távolság megváltozását pedig a

$$dl = \frac{dl_0}{k} \quad /6/$$

képlet fejezi ki. Látható az /5/ és /6/ képletekből, hogy az időtartam hosszabbodása és a távolság megrövidülése között összefüggés áll fenn: ha csökken a távolság, nő az időtartam és fordítva; s hogy az időtartam meghosszabbodását és a távolság megrövidülését ugyanaz az állandó /k/ fejezi ki. Vagyis a relativitáselmélet - a newtoni fizikával szemben - rámutat arra is, hogy igen szoros kapcsolat áll fenn a tér és idő nagyságok között; az időtartam meghosszabbodását ugyanaz a k szorzó adja meg, amely a távolság megrövidülésénél mint osztó szerepel. Tehát a távolságcsökkenés és az idő növekedés arányos egymással.

A tér és idő egységét még jobban megmutatja a speciális relativitáselmélet H. Minkowski által történt továbbfejlesztése. Minden esemény leírásához négy adat szükséges: a 3 térkoordináta /x,y,z/ és egy időadat /t/. Minkowski szerint célszerű, ha az időadatot is térkoordinátának vesszük, mégpedig is arányossági szorzóval megszorozva. /itt $i = \sqrt{-1}$, $c =$ fénysebesség/. Az így kapott négy koordináta: x,y,z és w-ot úgy tekinthetők, mint egy négydimenziós tér. E négy adat a négydimenziós tér adott pontját, ill. az e pontban lejátszódó eseményt egyértelműen meghatározza. A négydimenziós tér ezen - x,y,z és w értékkel - meghatározott pontját "világpont"-nak nevezzük. Mivel a négydimenziós halmaz negyedik adata /w/ állandóan változik, ezért a "világpont" koordináta rendszerünkben egy vonalat hus. A világpont által leírt vonalat Minkowski "világvonal"-nak nevezi. Ha a "világpont" térben nem mozdul el, akkor a "világvonal" a W tengellyel párhuzamos egyenes lesz. Ha térbeli változás is történik, akkor egyéb görbe lesz.

A négydimenziós pontok halmazát, eseményterét Minkowski tér-idő-

kontinuumnak vagy röviden téridőnek nevezték. A Minkowski-féle négydimenziós tér /vagy ahogy másként nevezik: a Minkowski-féle világ/ nem jelenti azt, hogy térünk egy új dimenzióval bővül, térünk változatlanul három dimenziós, s ehhez a 3 dimenziós térhez kapcsolódik hozzá az idő, mint negyedik dimenzió. Mint láttuk, a relativitáselmélet szerint a térbeli és időbeli távolságuk önmagukban nem meghatározottak, hanem függenek az adott koordináta rendszertől. Ha megvizsgáljuk két esemény "távolságát" a Minkowski-féle négydimenziós koordináta rendszerben, azt találjuk, hogy a tér-idő intervallum nem függ a koordináta rendszertől. A téridő intervallum ezen független, invariáns jellegét a következő képlet fejezi ki:

$$s^2 = x^2 + y^2 + z^2 + w^2, \quad /7/$$

vagy két végtelenül közeli eseményre vonatkoztatva:

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 + dw^2. \quad /8/$$

A /7/ és /8/ képletekből következik, hogy a téridő intervallum /ds/ változatlan marad minden inercia rendszerben, független a mozgó test sebességétől. Tehát a téridő intervallum invariáns jelleggel bír, valamennyi inercia rendszerre vonatkoztatva állandó érték, azaz fennáll a következő összefüggés:

$$\begin{aligned} ds &= \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2 + dw^2} = \sqrt{dx'^2 + dy'^2 + dz'^2 + dw'^2} = \\ &= \sqrt{dx''^2 + dy''^2 + dz''^2 + dw''^2} = \dots \quad /9/ \end{aligned}$$

ahol ds = téridő intervallum; dx, dy, dz, dw = a K rendszerben mért téridő koordináták; dx', dy', dz', dw' = a K' rendszerben mért téridő koordináták; dx'', dy'', dz'', dw'' = a K'' rendszer téridő koordinátái.

A /7/, /8/ s különösen a /9/ képletből következik, hogy a téridő intervallum abszolút. Tehát míg a speciális relativitáselmélet kimutatja

a térbeli távolság $/dl/$ és időbeli hosszúság $/dt/$ függőségét a mozgó test sebességétől $/v/$, addig a Minkowski elmélete rámutat a téridő intervallum $/ds/$ invariáns, változatlan, független jellegére. Amíg a térbeli és időbeli koordináták külön-külön viszonylagos jellegűek, addig a téridő intervallum abszolút. Továbbmenve, a térbeli és időbeli nagyságok ugy tekinthetők, mint a térbeli nagyság vetületei az X, Y, Z, W-tengelyekre; a tér és idő koordinátái lényegében az abszolút téridő viszonylagos oldalai.

X

A speciális relativitáselmélet, mint láttuk, igen jelentősen megváltoztatta korábbi tér- és időfelfogásunkat. Az elmélet legfontosabb fizikai és gnoszeológiai következtetései a következők:

1./ A speciális relativitáselmélet rámutatott a kantii, s egyéb szubjektív idealista tér- és időfelfogások tarthatatlanságára. Abból, hogy a teret és az időt a mozgó anyag határozza meg, az következik, hogy ezek nem lehetnek szubjektumunk "apriori" formái, hanem a mozgó anyag valóságos létformái. S ezzel bebizonyította a dialektikus materializmus azon tételét, hogy a tér és az idő a mozgó anyag objektív létformái, hogy ezek tudatunktól függetlenül léteznek.

2./ Tarthatatlan a klasszikus fizika Galilei és Newton által kidolgozott tér- és időfelfogása. Nem létezik abszolút tér és abszolút idő. A tér és az idő koordináták önmagukban sohasem meghatározottak, hanem mindig függenek a mozgó rendszer sebességétől. A speciális relativitáselmélet ezáltal aláhuzta a dialektikus materializmus tanítását a térről és az időről. A marxista filozófia szerint a tér és az idő a mozgó anyag létformái, s mint ilyeneket mindig a mozgó anyag, mint tartalom határozza meg. A relativitáselmélet kimutatva, hogy a térbeli távolságok és az időbeli hosszúságot mindig a mozgó rendszernek a fénysebességhez viszonyított sebessége határozza meg, /lásd: /2/ /3/ és /4/ képlet./ a di-

alektikus materializmusnak a tér és idő viszonylagos jellegéről szóló tanítását erősítette meg.

3./ A speciális relativitáselmélet, s különösen a Minkowski-féle négydimenziós téridőkontinuum elmélet rámutat a tér és idő szoros kapcsolatára, egységére. Ismeretes, hogy a newtoni fizika amellett, hogy nem ismerte el a tér és idő kapcsolatát a mozgó anyaggal, az anyag ezen két létformáját egymástól is elszakította, úgy fogta fel, hogy semmilyen kapcsolat sincs a tér és az idő között.

A speciális relativitáselmélet megalkotva a tér-idő fogalmát, rámutatott az anyag ezen két létformája közötti szoros, belső kapcsolatra, a tér és idő egységére. A tér-idő fogalma azonban - mint ezt a következő fejezetben részletesen kimutatjuk - nem jelenti a tér és idő teljes azonosulását; a tér és idő továbbra is önálló lényeg marad, csak ez a kifejezés még jobban kiemeli a közöttük lévő viszony elszakíthatatlan voltát.

- A speciális relativitáselmélet megalkotva a tér-idő kontinuum fogalmát, úgy fogja fel, hogy a tér-idő intervallum $/ds/$ abszolút. A tér-idő abszolút volta abban mutatkozik meg, hogy a téridőbeli távolság - mint láttuk - nem függ az inercia rendszer sebességétől. A speciális relativitás elmélet ezen álláspontja korántsem jelenti azt, hogy minden vonatkozásban abszoltnak kell tekinteni a téridőt. Mint azt a következőkben részletesen kimutatjuk - a speciális relativitáselmélet minden tétele - így a téridő abszolút volta is - csak meghatározott feltételek fennállása esetén érvényes. A téridő abszolút volta általános filozófiai szempontból nem érvényes. A dialektikus materializmus szerint abszolút volta csak a mozgó anyagnak van, az objektív valóság minden más kategóriája az anyagtól függ - s így viszonylagos jellegű. Mint erre már korábban utaltunk, a marxista filozófia szerint a tér és az idő, s ugyanígy kettőjük egysége, a téridő is, viszonylagos jellegű, mivel mindenkor a mozgó anyag, mint tartalom határozza meg azokat.

Ugyanott utaltunk arra is, - s a későbbiekben erről is lesz még részletesebben szó, - hogy a tér és idő /s ugyanígy a téridő/ rendelkezik bizonyos abszolút jelleggel, ez azonban nem jelenti az anyagtól való függetlenségüket. A tér és idő /avagy a téridő/ abszolutizálása - végső fokon idealizmus-hoz vezet, mivel megfossza a filozófia ezen két lényeges kategóriáját tartalmuktól, az anyagtól, s ilyen vagy olyan módon - ezen kategóriák szubjektívizálását jelenti.

A tér-idő fogalmának megalkotása a fizikában tehát, egyrészt igazolta a dialektikus materializmus azon álláspontját, hogy a tér és idő belső lényegi kapcsolatban állnak egymással; a dialektikus materializmus ezen tétele következik abból a tényből, hogy mind az idő, mind a tér az anyag létformája; másrészt azt a veszélyt rejti magában, hogy nem értve meg ezen fizikai fogalom lényegét - a teret és az időt teljesen azonosítják egymással, úgy fogják fel, hogy minden lényegi különbség eltűnt a két kategória között; harmadszor a tér-idő abszolút voltáról szóló tétel szintén helytelen filozófiai állásponthoz vezethet: ti. az anyagtól való elszakításához. A téridő abszolút volta azonban csak bizonyos feltételek mellett érvényes, filozófiai abszolutizálása helytelen.

III.

A speciális relativitáselmélet nagymértékben megváltoztatta a tér és az idő korábbi felfogását. Eppen ezért a relativitáselmélet marxista értékelése igen jelentős mind a fizika, mind a dialektikus materializmus továbbfejlődése szempontjából. A marxista filozófusok - különösen a szovjet filozófusok és fizikusok: V.A. Fok, A.D. Alexandrov, H.F. Sirokov, V.I. Szvigyerszkij, stb. - felismerve a relativitáselmélet gnoszológiai jelentőségét, számos alkalommal megvitatták az elmélet filozófiai problémáit. E viták során sok vonatkozásban továbbfejlesztették mind az elmélet fizikai tartalmát, mind a dialektikus materializmus tér- és idő-felfogását. Különösen kiemelkedik e téren az 1955-ben a "Voproszi filozófii" hasábjain folytatott, valamint a természettudományok filozófiai kérdéseivel kapcsolatban tartott 1958-as Moszkvai Összövetségi Konferencián, s az ezt követően kialakult vita.

A speciális relativitáselmélet egyik - filozófiaiilag is igen jelentős - kérdése, amely körül vita alakult ki: a négydimenziós téridő kontinuum kérdése. H. Minkowski - mint láttuk - a tér és az idő fogalmát egy fogalomban, a téridő fogalmában egyesítette. Kimutatta, hogy ha a reális tér három koordinátájához $/x, y, z/$ hozzáadjuk negyedik adatként az ic arányossági szorzóval megszorozott időt $/t/$, akkor az így kapott négydimenziós halmaz két pontjának "távolsága", interválja $/ds/$ változatlan marad minden inercia rendszerben, nem függ az adott rendszer sebességétől. Azaz, a speciális relativitáselmélet egyrészt kimutatta, hogy minden inerciális koordináta rendszer tér és idő nagyságai a mozgó test sebességétől függenek, vagyis relatívak; másrészt megalkotta a téridő fogalmát, amely inercia rendszerek esetében invariáns, független a test sebességétől, vagyis abszolút.

Dolgozatunkban a továbbiakban assal foglalkozzunk, hogyan kell filozófiailag értelmeznünk a speciális relativitáselmélet ezen álláspontját. Azt vizsgáljuk meg, hogy lehet-e gnoszeológiaiilag általánosítani a téridő kontinuum abszolút jellegéről szóló fizikai elméletet; s ha igen, milyen feltételek mellett; vagyis milyen vonatkozásokban, milyen értelemben tekinthetjük abszolútnak a teret és az időt, ill. a téridőt.

Először is azt vizsgáljuk meg mikor, milyen feltételek mellett lehet egy természettudományi tételt filozófiailag általánosítani, azaz kiterjeszteni az objektív valóság egészére? Mint ismeretes, minden szaktudomány az objektív valóság egy-egy jól meghatározott és pontosan körülhatárolt oldalával, illetve egy-egy konkrét anyagformával, vagy anyagi objektumok csoportjával foglalkozik? másként megfogalmazva: minden szaktudomány tárgyát egy, vagy több - de minden esetben meghatározott - mozgásforma /ill. mozgásforma csoport/ képezi. Ebből következőleg: az adott tudomány által levont tételek csak az anyag ezen meghatározott objektum csoportjára, ill. ezen meghatározott mozgásforma-csoportra érvényesek. Ez természetesen nem zárja ki azt, hogy megfelelő módszerekkel ne lehetne gnoszeológiai, általános filozófiai következtetéseket levonni a szaktudományok eredményeiből. Az általánosításnál mindig figyelembe kell venni:

- a./ azokat a speciális körülményeket, melyek megszabják az adott törvény érvényesülési körét. Figyelembe kell venni tehát azt, hogy ezek a feltételek megengedik-e a törvény általánosítását.
- b./ meg kell vizsgálni, hogy az adott törvény, vagy elmélet nem mond-e ellent más területeken, ill. más feltételek között levont tételeknek; azaz ellenőrizni kell, hogy a megváltozott körülmények között hogyan, milyen mértékben érvényes ez a törvény.
- c./ Meg kell vizsgálni, hogy összhangban van-e ezen törvény a filozófia, tehát az objektív valóság egészére vonatkozó törvényekkel. Ha e feltételek fennállnak, azaz, az adott konkrét körülmények megengedik a tör-

vény általánosítását, és ez nem mond ellent sem az objektív valóság más területein, s az objektív valóság egészéről felállított törvényeknek - akkor e törvényt ki lehet terjeszteni az objektív valóság egészére. Természetesen azt figyelembevéve, hogy a megváltozott feltételek hogyan befolyásolják a törvény érvényesülését.

Sokkal problematikusabb az az eset, ha az adott törvény ellentmond más területek, ill. az objektív valóság egészére érvényes törvényeknek. Ilyen esetekben további elemzésre van szükség: meg kell állapítani, hogy a két, vagy több tétel közül melyik az igaz, ill. melyik törvény milyen feltételek mellett igaz.

Ami mármost egy konkrét fizikai elméletet illeti: itt viszonylag könnyebb a helyzet. Ismeretes a dialektikus materializmus azon tétele, hogy a magasabb rendű mozgásformák magukba foglalják az alacsonyabb mozgásformákat. E tételből következik: mivel a fizikai mozgás a jelenlegi ismereteink szerint a legegyszerűbb mozgásforma,^x így minden anyagi objektum véges fizikai mozgást is. Ezért a problémánk bizonyos fokig leszűkül: elegendő azt megvizsgálnunk, hogy a speciális relativitáselmélet tételei kiterjeszthetők-e minden fizikai mozgásra, avagy sem. Amennyiben a speciális relativitáselmélet törvényei érvényesek minden fizikai mozgásra, úgy a téridő abszolút jellege is fennáll; amennyiben viszont a speciális relativitáselmélet következtetéseit nem lehet kiterjeszteni valamennyi fizikai mozgásra, - úgy a téridő abszolút voltáról szóló tanítás is csak bizonyos feltételek esetén érvényes. Hogy eldöntsük ezt a kérdést, vizsgálat alá kell venni mind fizikai, mind filozófiai szempontból, azaz:

^x A mechanikai mozgást itt úgy fogom fel, mint a fizikai mozgás egyrészét, annál is inkább, mert a jelen téma szempontjából igen nehéz lenne meghatározni, hogy mennyiben van szó mechanikai, s mennyiben egyéb fizikai mozgásról.

meg kell néznünk azt, hogy a speciális relativitáselmélet mennyiben felel meg az előbb említett általános szempontoknak. Ennek megfelelően először megvizsgáljuk magát a speciális relativitáselméletet: itt tehát azt kell megnéznünk, hogy nem tartalmaz-e olyan különleges feltételt, amely megakadályozza az elmélet következtetéseinek általánosítását. Másodszor azt vesszük figyelembe, hogy a speciális relativitáselmélet következtetései megfelelnek-e a fizika egyéb területein levő törvényszerűségeknek; itt elsősorban a speciális és az általános relativitáselmélet kapcsolatáról, viszonyáról lesz szó. S végül ismeretelméleti szempontból vizsgáljuk meg a speciális relativitáselmélet következtetéseit; összevetjük a dialektikus materializmus térről és időről szóló tanításával.

X

Mielőtt rátérnénk a speciális relativitáselmélet konkrét elemzésére, ismertetjük A.D. Alexandrov felfogását. Szerintünk ugyanis nem lehet A.D. Alexandrov minden következtetésével teljesen egyetérteni; pontosabban: mivel ő álláspontjának kidolgozásakor csak a speciális relativitáselmélet eredményeire támaszkodott, itt csak ezt az elméletet vizsgálta, felfogása bizonyos helytelen következtetésekre ad lehetőséget.

A.D. Alexandrov álláspontját legrészletesebben az 1958-as Moszkvai Összvetéségi Konferencián "A relativitáselmélet filozófiai tartalma és jelentősége"^X című referátumában fejtette ki. /Egyébként már előadásának címe is megtévesztő. Mint említettük, dolgozatában csak a speciális relativitáselmélet kérdéseivel foglalkozik, s az ún. általános relati-

X Beszűede megjelent többek közt a "Voproszi filozófii" 1959. évf. I. számában, valamint kisebb változtatásokkal "A mai természettudományok filozófiai kérdései" /Moszkva, 1960. - oroszul/ kötetben.

táselmélet filozófiai problémáit nem tárgyalja./

A.D. Alexandrov referátumában kritikailag viszonyul a relativitáselmülethez, s elsősorban az elmélet felépítéséhez, belső struktúrájához. Helyteleníti azt, hogy a relativitáselmélet a viszonylagos fogalmából /a tér és az idő relatív jellegéből/ indul ki, s innen halad az abszolút felé /az abszolút téridő felé/. E felfogás helytelen azért, mert "... ez a szemlélet nem felel meg kellőképpen a tárgy objektív logikájának, minthogy ezzel a logikával összhangban a téridőnek mint az anyag létezésének általános formájának kellene elsődlegesnek lennie, vagyis magának a tárgynak sajátosságaival együtt, míg a relatív megnyilvánulásai másodlagosnak tekintendők".¹ A relativitáselméletének felépítése ténylegesen nem a dolgok abszolút vonatkozásából indul ki, nem az abszolút téridőt veszi alapul, hanem a viszonylagost; először a tér és idő relatív jellegét bizonyítja be, s innen indulva halad az abszolút felé. Ez a felépítés - bármennyire eltér a dolgok logikájától - megfelel nemcsak "a tárgy megfigyelése, mérése, tanulmányozása logikájának"², hanem általában az emberi megismerés dialektikájának. A megismerési folyamat mindig a látszattól, a jelenségtől, tehát a viszonylagosból indul ki, s halad a lényeg - tehát az abszolút - megismerése felé. A speciális relativitáselmélet felépítése is megfelel a megismerés dialektikájának: itt is a jelenségtől - pontosabban a kevésbé lényegestől, a kevésbé pontos ismerettől - haladunk a lényeg felé, a mélyebb lényeg felé, a pontosabb ismeret felé. - Ennek ellenére igaza van Alexandrov-nak abban, hogy a relativitáselmélet ilyen felépítése volt többek közt oka annak, hogy egy sor helytelen, nem egy esetben idealista következtetést vontak le az elméletből. Ezek alapján A.D. Alexandrov azt a feladatot tűzi ki, hogy "az elméletnek mindenekelőtt meg kell határoznia az abszolút, és ettől kell haladnia a viszonylagos felé, amely az ab-

szolotnak csupán egyes oldalait, felszínét, aspektusát jelenti".³ Ezek alapján kifejti álláspontját a téridő abszolút, ill. a tér és az idő viszonylagos jellegéről. A relativitáselmélet filozófiai jelentőségét és fő következtetését abban látja, hogy "a tér és az idő az abszolút téridőnek csupán relativ szemléleti oldalai, különválasztásuk pedig nem lehet abszolút jellegű, mint korábban tekintették. A tér és az idő külön választása nem önmagában van meghatározva, hanem csupán valamely inerciális koordináta rendszerrel kapcsolatban lehetséges. Más szavakkal, a tárgyaknak és a jelenségeknek csupán téridőbeli viszonyai bírnak abszolút jelleggel, ugyanakkor egyrészt a térbeli, másrészt az időbeli sajátosságok és viszonyok viszonylagosak, vagyis objektíve nincsenek önmagukban meghatározva, hanem csupán valamely vonatkoztatási rendszerhez viszonyítva, /azaz valamilyen anyagi rendszerhez viszonyítva./"⁴ Így - szerinte - a relativitáselmélet nem más, mint "a téridőnek, mint az anyag egyetlen létezési formájának elmélete".⁵

Nemcsak A.D. Alexandrovnak van ilyen felfogása, hanem több szovjet filozófus is hasonló álláspontra jutott. A.D. Alexandrov álláspontjával megegyező véleményen van pl. Sz.F. Meljuhín is, aki nézeteit így foglalja össze: "Mind ezek a tények meggyőzően tanúsítják, hogy a tér és idő nemcsak a materiával, hanem egymással is megbonthatatlan kapcsolatban áll. Ennek következtében tudományos szempontból helyesebb nem a matéria két létformájáról, ti. a térről és az időről külön-külön beszélni, hanem csak egyetlen létformát emlegetni: a téridőt. A természetben a tér és az idő léte objektíven nem független egymástól, és e kettő között mindenféle elhatárolás csak nagyon feltételes lehet".⁶ Amikor A.D. Alexandrov és társai kifejtik ezen álláspontjaikat, akkor csak a speciális relativitáselméletet és Minkowski felfogását veszik figyelembe. Est A.D. Alexandrov

is hangsúlyozza fejtegetései közben: "Mindaddig a téridőről beszéltünk a speciális relativitáselméletnek megfelelő elképzelések határain belül".⁷ Ez a felfogásának legnagyobb hibája. A továbbiakban éppen azt fogjuk kimutatni, hogy a speciális relativitáselmélet téridő felfogása korlátolt, önmagában nem elégséges. Hogy megértsük a tér és az idő modern fizikai felfogását, nem elegendő csak a speciális relativitáselmélet tanítását figyelembe venni, márpedig A.D. Alexandrov eltekintve egy-két utalástól, ezt teszi. S mivel nem elemzi a speciális relativitáselmélet mellett az ún. általános relativitáselmélet filozófiai problémáit, álláspontja azt a látszatot kelti, mintha a speciális relativitáselmélet téridő felfogása, tehát a téridő abszolút jellege, általános érvényű tétel volna. Hangsúlyozzuk, hogy A.D. Alexandrov felfogása, ha csak a speciális relativitáselméletet vesszük alapul - helyes; azonban - s ennek kimutatása a további vizsgálódásunk célja - ez az elmélet csak bizonyos feltételek mellett érvényes, s így a marxista dialektika értelmében nem állhatunk meg ennél, meg kell vizsgálni az ún. általános relativitáselmélet téridő felfogását is.

A. D. Alexandrov álláspontjának ezen fogyatékosága az, amely bizonyos helytelen következtetésre ad lehetőséget. Ez a következtetés pedig az, hogy abszolutizáljuk, függetlenítjük a téridőt az anyagtól. Ő ui. a speciális relativitáselmélet alapján a téridőt abszolútnak fogja fel. A téridő abszolút jellege viszont ebben az elméletben azt jelenti, hogy nem függ a mozgó test sebességétől. Vagyis ezen fogyatékoság következtében álláspontja azt a látszatot kelti, mintha elszakítaná a téridőt a mozgóanyagtól, holott a közöttük lévő belső lényegi kapcsolatra maga is többször rámutat. A téridő geometriájával kapcsolatban írja a következőket: ez "szintén nem önmagában meghatározott, hanem a tárgyak és jelenségek anyagi kapcsolatainak néhány törvényét, az anyagi világ téridőbeli strukturáját képviseli. Mivel pedig a forma általános érte-

leben a tartalom szerkezete, észerint a mondottak azt jelentik, hogy a téridő az anyag létezési formája".⁹

A speciális relativitáselmélet kiinduló tétele, mint láttuk, a relativitás elve, mely kimondja a természeti törvények kovarianciáját, egyformaságát, s egyben függetlenségét minden inercia rendszerben; ebből az elvből következik másik alapelve, a fénysebesség állandóságának, ill. maximális voltának elve, mely azt mondja ki, hogy a fény /ill. minden elektromágneses hullám/ terjedési sebessége vákuumban minden inercia rendszer esetében egyforma, ill., hogy nincs olyan hatás, mely a fénysebességnél nagyobb sebességgel terjed. Amint már korábban rámutattunk, van a speciális relativitás elméletnek még egy hallgatólagos feltétele is: az inerciális koordináta-rendszer. Ezt elismeri, sőt hangsúlyozza A.D. Alexandrov is: "... ennek az elméletnek alapvető értelmét az inerciális rendszer és az ezzel kapcsolatos térbeli és egyben időbeli x, y, z, t koordináta rendszer jelenti... a relativitás elméletnek majdnem mindegyik rendszeres kifejtése a vonatkozási vagy koordináta rendszer meghatározásával kezdődik. E fogalmak meghatározása nélkül még az elmélet alapelveit sem lehet megfogalmazni".¹⁰

Ennek a feltételnek kihangsúlyozása igen fontos. Nyilvánvaló, hogy a speciális relativitás elmélet és a Minkowski-féle téridőkontinuum elmélet /mely nem más, mint az előző fizikai elmélet geometriája/ csak ezen meghatározott feltételek mellett, tehát csak inercia, azaz egymáshoz képest egyenesvonalú, egyenletes mozgást végző rendszerek esetében áll fenn. A téridő invarianciája azt fejezi ki, hogy a téridő intervallum / ds / nem függ azoktól a feltételektől, amelyeket a speciális relativitáselmélet felállít, azaz nem függ a mozgó rendszer sebességétől; míg külön-külön a térbeli távolság / dl / és az időbeli nagyság / dt / függenek a moz-

gó rendszer sebességétől; tehát a téridő abszolút jellegén azt kell értenünk, hogy ez önmagában meghatározott, míg a tér és idő abban az értelemben viszonylagosak, hogy önmagukban nem meghatározottak, hanem csak valamilyen koordináta rendszerben. Látni kell azonban azt, hogy a téridő abszolút jellege, tehát az, hogy "nem függ a mozgó rendszer sebességétől", hogy "önmagában meghatározott" csak inercia rendszerek esetében áll fenn, csak egymáshoz képest egyenletesen mozgó rendszerek sebességétől nem függ, csak a fent említett feltételek esetén, csak a speciális relativitáselmélet feltételei esetében "önmagában meghatározott".

A speciális relativitáselmélet ezen felfogása bizonyos fokig hasonlít Newton álláspontjához. Newton, amikor felállította az abszolút térről, az abszolút időről és az abszolút mozgásról szóló elméletét, a klasszikus fizika feltételeiből indult ki; a klasszikus fizika mint ismeretes, csak olyan mozgásokkal foglalkozott, melyek sebessége a fénysebességhez viszonyítva kicsi. Ilyen feltételek mellett a mozgó test hatása a térbeli és időbeli nagyságokra elhanyagolható, ill. érzékiileg nem észlelhető. Éppen ezért, - mint erre már rámutattunk - kis sebességek esetén, tehát a klasszikus fizika feltételei között bizonyos fokig jogosult Newton álláspontja. Ugyanakkor rámutatunk arra is, hogy a newtoni koncepció alapvető fogyatékossága az, hogy ezt az álláspontot átvitte filozófiai síkra, kiterjesztette az objektív valóság egészére; azaz nem megengedett általánosítást hajtott végre.

Bizonyos fokig Newton koncepciójához hasonló következtetés adódhat A.D. Alexandrov álláspontjából is: az, hogy elvonatkoztatunk azoktól a konkrét feltételektől, amelyek megszabják a speciális relativitáselmélet tételeinek érvényesülési körét, nem vesszük figyelembe, hogy a téridő abszolút jellege csak inercia rendszerek esetében áll fenn. - A speciális relativitáselmélet - a klasszikus fizikához képest - nagyarányú előrelépés,

olyan értelemben, hogy rámutat az abszolút tér és abszolút idő newtoni értelmezésének korlátolt voltára, és kimutatja a tér és idő viszonylagos jellegét; ugyanakkor rámutat ezen kategóriák szoros egységére, megalkotja a téridő kontinuum fogalmát, amely abszolút jellegű. Itt nagyon világosan látszik a marxizmus ismeretelmélet azon tétele, "hogy minden tudományos tétel, mely az anyag szerkezetéről és tulajdonságairól szól, csak megközelítő, viszonylagos jellegű, hogy a természetben nincsenek abszolút határvonalak"¹¹, "hogy eltűnik az a határ, ameddig az anyag megismerésében ezideig eljutottunk, hogy tudásunk mélyebbre hatol;..."¹² Természetesen a régi korlátok megszűnése egyben új korlátok létrejöttét jelenti. Amikor a speciális relativitáselmélet a klasszikus fizika tér és időfelfogásának korlátait megszüntette, s egy új, általánosabb felfogást hozott, egyben új korlátokat is teremtett. A speciális relativitáselmélet tételeinek filozófiai általánosítása éppen ezért csak úgy lehetséges, ha figyelembe vesszük a megismerési folyamat dialektikáját. Olyan elmélet, amely a speciális relativitáselmélet tételeit változatlanul kiterjeszti az objektív valóság egészére - ellentmond a megismerés dialektikájának. A speciális relativitáselmélet tér és időfelfogása - hasonlóan a newtoni tér és időfelfogáshoz, - csak egy lépcsőfok, csak egy állomás az abszolút igazsághoz vezető úton. A speciális relativitáselmélet az általa megszabott feltételek között a tér és az idő valóságos tulajdonságait tárja fel, s éppen ezért magában hordja az abszolút igazság egy mozzanatát. De az elméletnek megvannak a maga korlátai, hiányosságai is. A klasszikus fizika abszolút tér és abszolút időfelfogásához hasonlóan - abszolutizálja a téridőt, s ezáltal elszakítja tartalmától, a mozgó anyagtól. Max von Laue, az ismert német fizikus, értékelve speciális relativitáselméletet, ennek két hiányosságát emeli ki. Ezek közül az egyik az, hogy a speciális relativitáselmélet "éppúgy, mint az egész Copernicusig visszanyúló természettudomány, valamiféle fizikailag

reális, azaz hatékony téridő kontinuumot tételez fel, ti. a "világ"-ot, amely minden test tehetetlenségét megszabja, de anélkül, hogy ezek a testek vissza is hatnának rá;..."¹³ Vagyis lényegében a speciális relativitáselmélet is egy nagy "tartály"-nak tekinti a teret és az időt, mint a klasszikus fizika, csak itt a newtoni két "tartály"-ból egy lesz.

x

Tehát a speciális relativitáselmélet alapelveinek elemzése azt mutatja, hogy a téridő abszolút jellege csak meghatározott feltételek mellett áll fenn. A téridő csak abban az értelemben abszolút, hogy nem függ az egyenesvonalu, egyenletes mozgást végző test sebességétől. A fizika azonban nemcsak inercia rendszerekkel foglalkozik, - általánosságban: a valóságban a testek nemcsak egyenesvonalu egyenletes mozgást végeznek, egy sor másfajta fizikai mozgásforma létezik, az egyenesvonalu egyenletes mozgás csak egy - s tegyük hozzá egyik legegyszerűbb - mozgásforma a fizikai mozgásformán, mint alapvető mozgásformán belül.

Hogy bebizonyítsuk A.D. Alexandrov álláspontjához való kritikai álláspontunk jogosultságát, a továbbiakban azt kell megvizsgáljunk: ki lehet-e terjeszteni az egyenesvonalu egyenletes mozgás sajátosságait - avagy az inerciális koordináta rendszer sajátosságait - a többi fizikai mozgásra - avagy a nem-inercia rendszerekre. Vagyis azt kell megnéznünk: összeegyeztethető-e a speciális relativitáselmélet tételei más, nem-inercia rendszerekkel kapcsolatos elméletekkel. Mivel a nem-inercia rendszerek téridő sajátosságaival elsősorban az ún. általános relativitás-elmélet^x foglalkozik, elsősorban ezt az elméletet kell megvizsgálni.^{xx}

x Több szovjet fizikus és filozófus már a speciális relativitáselmélettel kapcsolatban is felveti, hogy nem helyes az elmélet elnevezése /igy pl. A.D. Alexandrov./ Az általános relativitáselmélettel kapcsolatban pedig szinte egyöntetű a szovjet fizikusok és filozófusok álláspontja, az ti., hogy ez az elnevezés egyáltalán nem fedi az elmélet tényleges fizikai tartalmát. Igy pl. V.A. Fok akadémikus szerint "az általános relativitáselméletben nincs semmilyen relativitás"¹⁴ A továbbiakban éppen ezért az

A speciális relativitáselmélet vizsgálva a tér és az idő, valamint a mozgó anyag kapcsolatát, abból a feltételből indult ki, hogy a tér és idő tulajdonságai egyneműek, homogének. A speciális relativitáselmélet változatlanul az Euklides-féle geometrián alapul. Vagyis ebben a vonatkozásban nincs különbség Newton és Einstein tér- és időfelfogása között, mivel mindkettő a tér és az idő homogenitásából, valamint az euklidesi geometriából indult ki. A tér és idő homogenitása - amint erre már rámutattunk - mind a klasszikus fizikában, mind a speciális relativitáselméletben azt jelentette, hogy 1./ a tér minden pontja és iránya egyenértékű; 2./ minden időpont és időmomentum egyenértékű; 3./ minden inercia rendszer egyenértékű. A tér homogenitása abban fejeződött ki, hogy mindkét rendszer alapja az euklidesi geometria volt.

Az első különbség a speciális relativitáselmélet és az általános relativitáselmélet között itt áll fenn. A gravitációs elmélet elveti a tér és idő homogenitását, ill. csak a végtelenül kis tér és a végtelenül kis időköz egyenmőségét ismeri el. A tér és idő homogenitásának tagadása geometriai szempontból abban fejeződik ki, hogy a gravitációs elmélet a nem-euklidesi geometriákon alapul. A nem-euklidesi geometria kimutatta, hogy a tér /és idő/ metrikája /geometriai tulajdonságainak összessége/ az anyag tulajdonságaitól, összefüggéseitől, kölcsönhatásaitól függ. A nem-euklidesi geometriában a tér tulajdonságai eltérnek az euklidesitől, ill. csak a tér végtelenül kis részében egyezik meg vele. A nem-euklidesi tér tulajdonságainak az euklidesitől való eltérését az ún. térgömbület^x fejezi ki.

"Általános relativitáselmélet" elnevezés helyett a "gravitációs elmélet" kifejezést használjuk, mivel ez jobban kifejezi az elmélet fizikai tartalmát, s a szovjet irodalomban is egyre inkább ezt az elnevezést használják.

xx Mivel az általános relativitáselmélet ma még nem teljesen kidolgozott, ezért itt nem térünk ki részletesen ismertetésére, csak azokat a tételeit emeljük ki, melyek általánosan elfogadottak, s melyek a jelen probléma szempontjából döntőek.

x A tér görbültsége lehet pozitív, negatív és nulla. A pozitív görbültségű tér a gömbfelület geometriájához hasonló /az ún. /speciális/ Riemann-féle geometria. Itt a háromszög szögeinek összege nagyobb, mint 180° /. A negatív görbültségű térnek a hyperbólikus geometria felel meg. /Ez az ún. Bolyai-Lobacsevszkij-féle geometria. Itt a háromszög szögeinek összege kisebb, mint 180° /. A nulla görbültségi tér teljesen egynemű, egyenletes.

A másik különbség a speciális relativitáselmélet és a vonzás-elmélet között a fény terjedési sebességének felfogásában adódik. Mint látuk, a speciális relativitáselmélet egyik kiinduló tétele a fénysebesség állandóságának elve. Az általános relativitáselmélet kimutatta, hogy ez az elv nagy tömegek jelenlétében, tehát erős gravitációs mező esetében nem érvényes. A fénysugár a tér olyan részében, ahol nagy a tömegkoncentráció, lelassul. Az általános relativitáselmélet szerint a fény terjedési sebessége erős, valamint gyenge gravitációs mezőben, tehát nagy tömeg közelében, ill. tömegtől távol, a következő összefüggés szerint változik:

$$c_m = c \sqrt{1 - \frac{2fm}{c^2 r}} \quad (10.)$$

ahol c_m = fényterjedési sebessége tömegkoncentráció közelében;

$c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec = fényterjedési sebessége tömegtől távol; $f = 6,67 \cdot 10^{-8}$

gravitációs állandó; m = az adott test tömege; r = test középpontjától mért távolság.

A gravitációs elmélet tehát korlátozza a fénysebesség állandósága elvének érvényesülési körét, s ezáltal korlátozza a speciális relativitáselmélet érvényesülési körét is. Vagyis már itt kitűnik, hogy nem lehet a speciális relativitáselmélet törvényeit kiterjeszteni az objektív valóság egészére, hogy az általános relativitáselmélet szerint nem lehet teljesen egyetérteni A.D. Alexandrov felfogásával, aki figyelmeztet csak a speciális relativitáselmélet filozófiai kérdéseire összpontosítja. Véleményünk helyességét támasztja alá V.I. Szvigyerszkij, szovjet filozófus is, amikor összehatja a két re-

A nulla görbültségi tér geometriája az euklidesi geometria. / A végtelenül kis térben mindig az euklidesi geometria érvényes. Végül Riemann egy olyan általános geometriát alkotott, melyben pontról-pontra változhat a tér görbültsége, vagyis, amely szintézise az előbbi 3 geometriának. A továbbiakban ha nem-euklidesi geometriáról lesz szó, mindig ezt az /általános/ Riemann-féle geometriát értjük alatta.

lativitásemélet különbségeit, a következőket írja: "Mint láttuk, az általános relativitáselmélet feltárja a speciális relativitáselmélet korlátozott jellegét, mivel az utóbbi csak olyan körülmények között érvényes, amikor a gravitációs tér elhanyagolható. Erős gravitációs terek jelenléte esetén viszont nem érvényes a fénysebesség állandóságának törvénye, tehát a speciális relativitáselmélet törvényei nem érvényesek".¹⁵ Az általános relativitáselmélet ezen törvényéből tehát az a következtetés adódik, hogy a speciális relativitáselmélet törvényei csak gyenge gravitációs mezőben, tömegektől távol érvényesek.

A gravitációs elmélet rámutat arra is, hogy erős gravitációs mezőben nemcsak a fény terjedési sebessége változik meg, hanem megváltozik a fény terjedési vonala is. A klasszikus fizika és a speciális relativitáselmélet szerint a fény sugar mindig egyenesvonalú, melynek az Euklides-féle geometria felel meg. Az einsteini gravitációs elmélet értelmében a fény sugar terjedési vonala nem minden esetben lesz az Euklides-féle geometriának megfelelő egyenes, ill. csak tömegektől távol, gyenge gravitációs mezőben lesz az. Gravitációs tömeg közelében, tehát erős gravitációs mezőben a fény sugar terjedési vonala megváltozik, eltér "elhajlik" az euklidesi egyenestől. A fény sugar terjedésének görbületét minden esetben a gravitációs tömeg, s az általa létrehozott gravitációs mező határozza meg; minél nagyobb a gravitációs tér intenzitása, annál nagyobb a fény sugar görbülete.

A gravitációs elmélet ezen két tételéből következik, hogy sem az időt, sem a teret nem tekinthetjük abszolút adatnak, hanem mindkettő függ a gravitációs mezőtől. Amíg a speciális relativitáselmélet a teret és az időt csak a rendszer sebességétől tette függővé, de függetlennek tekintette a gravitációs mezőtől, addig az Einstein elmélete szerint a tér és idő koordinátákon ugyanolyan relativisztikus megváltozást hoz létre a gravitációs mező, mint a mozgó test sebessége - a speciális relativitáselmélet

szerint. Vagyis a gravitációs elmélet szerint az inercia rendszer és a gravitációs mező ekvivalens egymással olyan értelemben, hogy mindkettő hasonló hatást gyakorol a tér és idő koordinátákra.

A gravitáció közelében a tér és idő koordináták megváltozása a következő lesz:

$$dl = \frac{dl_0}{\sqrt{1 - \frac{2fm}{c^2 r}}}; \quad dt = dt_0 \sqrt{1 - \frac{2fm}{c^2 r}} \quad (11.)$$

ahol dl = egy kis távolság hossza gyenge gravitációs mezőben; dl_0 = ugyanazon távolság erős gravitációs mezőben; dt_0 = egy kis időköz gyenge gravitációs mezőben; dt = ugyanaz az időköz erős gravitációs mezőben; $f = 6,67 \cdot 10^{-8}$; $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec; m = a test tömege.

A /11./ képletek nagy hasonlóságot mutatnak a /2/ és /3/, valamint az /5/ és /6/ képletekkel. Ahogy a speciális relativitáselmélet szerint a távolságok $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ tel megrövidülnek, illetve az időtartamok meghosszabbodnak, ugyanígy a gravitációs elmélet szerint is a távolság megrövidülése és az időtartam növekedése következik be, csak itt szoróként az $\sqrt{1 - \frac{2fm}{c^2 r}}$ összefüggés adódik, amely rámutat arra, hogy itt a távolság megrövidülése, ill. az időfolyásnak lelassulása a tömeg hatására következik be.

A speciális relativitáselmélet azonban mint láttuk, bár a tér és időmértékek külön-külön függtek a mozgó test sebességétől, a téridő intervallumot invariánsnak tekinti, azaz azonosnak minden inercia rendszerben. Az einsteini gravitációs elmélet ezen a ponton is meghaladja a speciális relativitáselméletet. A vonzás elmélet szerint a téridő nem rendelkezik abszolút jelleggel, a téridő strukturáját mindig a gravitációs tömeg és a gravitációs mező határozza meg. Az általános relativitáselméletben - a speciális relativitáselmélet által megalkotott téridő koonti-

numum ugy szerepel, mint az anyag mozgásának és eloszlásának /tömegkoncentrációjának/ függvénye; rámutat a téridő és a gravitációs mező szoros kapcsolatára. Ez a kapcsolat a gravitációs elméletben abban fejeződik ki, hogy a gravitációs mező megfelel a téridő kontinuum görbületének; pontosabban a gravitációs mező potenciáljának komponensei egybeesnek a Riemann-féle geometriában meghatározott, s a téridőre alkalmazott metrikus tenzor komponenseivel.

Ezáltal tehát kitűnt, hogy a téridő metrikáját, a téridő görbületét mindig az anyagi objektumok mozgása és eloszlása, valamint az általuk létrehozott gravitációs mező határozzák meg. Azáltal, hogy a gravitációs elmélet kimutatja a téridő metrikájának függését a gravitációs tömegtől és ennek mozgásától, valamint az általuk létrehozott gravitációs mezőtől - egyértelműen kimutatja azt, hogy a téridő kontinuum nem független a mozgó anyagtól, hanem az anyag egyik speciális megjelenési formájának - a gravitációs mezőnek a függvénye, vagyis nem tekinthetjük a téridőt abszolútnak, szerkezetét mindig az anyag mozgási állapota és térbeli eloszlása határozza meg.

A gravitációs elmélet kimutatva a téridő kontinuum függőségét a gravitációs tömegtől és a gravitációs tömeggel ekvivalens nem-inerciális mozgástól, ismételten rámutatott a téridő és a mozgó anyag elválaszthatatlanságára. Einstein értékelve a gravitációs mező jelentőségét a térelméletben, rámutatott arra, hogy a tér/ a./ koncepciójának győzelme a newtoni /b/ koncepció felett éppen a mező fogalmának a bevezetése tette lehetővé; tehát míg a /b./ koncepció uralma a klasszikus atomelmélettel függ össze, addig az /a/ koncepció a mező fogalmával kapcsolatos. "Az abszolút tér, vagy az inercia rendszer fogalmának legyőzése csak azért vált lehetségessé, hogy az anyagi tárgy fogalmát - a fizika ezen alapvető fogalmát - fokozatosan felváltotta a mező alapvető fogalma. Faraday és Maxwell elméleteinek

hatása alatt ez a fogalom olyannyira fejlődött, hogy az egész fizikai valóságot, feltehetően, úgy foghatjuk fel, mint mezők, melynek komponensei a négy téridő paramétertől függenek... Az, ami a valóságos tér jellegét képezi, ebben az esetben egyszerűen a mező négydimenziója. Ezért nem létezik "puszta" tér, azaz nincs tér mező nélkül".¹⁶ E cikkében Einstein csak a tér kérdéseivel foglalkozik, de az idézetből is, s az előzőekből is látható, hogy mindaz, amit itt a térről mond, az vonatkozik az időre is, ill. a téridőre is. Tehát a gravitációs elmélet szerint a téridő metrikáját mindig a gravitációs tömeg és a mozgás határozza meg, a tér görbültsége és strukturája, valamint az idő ritmikája a gravitációs mező függvénye.

Mindezekből látható, hogy a gravitációs elmélet ilyen vonatkozásban is - tehát a téridő és a mozgó anyag kapcsolatának vonatkozásában is - korlátozta a speciális relativitáselméletet. A már idézett V.I. Szvigyerszkij ezzel kapcsolatban a következőket írja: "Ilymódon az általános relativitáselmélet keretei közt a speciális relativitáselmélet tér-idő törvénye korlátolt érvényű törvénné válik, csak gyenge és homogén gravitációs térben, kis idő intervallumokban érvényes".¹⁷ Azt, hogy a gravitációs elmélet korlátozza a speciális relativitáselméletet, A.D. Alexandrov is kiemeli: "...a speciális relativitáselmélet, megállapítva a térnek és az időnek kölcsönös kapcsolatát, a téridő egységes sokaságában elfogadja annak egyenmőségéről alkotott feltevést, ami kifejezésre jut az inerciális vonatkoztatási rendszerek, vagy a megfelelő koordináták rendszere egyenjogúságában. Az általános relativitáselmélet megszünteti ezt a feltevést; alapvető tétele annak elismerése, hogy a téridő nem egyenmű /homogén/ és hogy felépítése /metrikája/ az anyagi tömegek eloszlása és mozgása által meghatározott. Ez a szerkezet ezzel együtt meghatározza a gravitációs teret és ezzel együtt a testek mozgását magát "a gravitáció hatása alatt". Összefoglalva mindkét oldal: a téridő metrikája és a tömegek mozgása egyet-

len szétbonthatatlan egységet alkotnak és kölcsönösen meghatározzák egymást".¹⁸ A.D. Alexandrov ezen idézetéből is látható, hogy ő nem tekinti a speciális relativitáselmélet tételeit abszolutnak. Hogyan tekinthetnénk a téridőt abszolutnak, ha "felépítése /metrikája/ az anyagi tömegek eloszlása és mozgása által meghatározott?" Hogyan választhatnánk el a téridőt a mozgó anyagtól, ha "a téridő metrikája és a tömegek mozgása egyetlen szétbonthatatlan egységet alkotnak"?! Hogyan lehet a téridő "önmagában meghatározott", ha a téridő metrikája és a tömegek mozgása "kölcsönösen meghatározzák egymást"?!

A gravitációs elmélet azt mutatja tehát, hogy nem lehet a speciális relativitáselmélet tételeit kiterjeszteni az objektív valóság egészére. A téridő abszolút voltárról alkotott felfogás ellentmond a gravitációs elmélet azon tételének, hogy a tér strukturáját és az idő ritmikáját, avagy a téridő metrikáját a tömeg és a tömeg mozgása határozza meg.

X

Az általános és a speciális relativitáselmélet összevetése is azt mutatja, hogy nem lehet abszolutizálni a téridő kontinuum invariáns jellegét. Tovább elemelve a speciális relativitáselmélet filozófiai általánosításának kérdését, látnunk kell azt is, hogy filozófiai szempontból - filozófián a dialektikus materializmust értve - sem helyes ezen elmélet változatlan kiterjesztése az objektív valóság egészére.

Mint már a bevezetésben utaltunk rá, a marxista filozófia szerint szoros kapcsolat áll fenn a mozgó anyag, valamint a tér és idő között, a tér és idő konkrét sajátosságait mindig az anyag és az anyag mozgása határozza meg. A tér és az idő - az anyag létezési formái, s mint ilyenek nem lehetnek függetlenek a mozgó anyagtól. Amikor Lenin azt mondja: "A mozgás az idő és a tér lényege"¹⁹, akkor világosan rámutat arra, hogy a tér és idő mozgás nélkül nem létezik, a tér és az idő fogalmát csak úgy

tudjuk helyesen felfogni, ha az anyagtól és az anyag mozgásától elválaszthatatlannak tekintjük.

A speciális relativitáselmélet abszolutizálása filozófiai szempontból éppen azért helytelen, mert elszakítja a téridőt az anyagtól. Ha ugyanis megvizsgáljuk azt a kérdést, mit ért a speciális relativitáselmélet a téridő abszolút jellegén, kitűnik, hogy ez azt jelenti; a téridő kontinuum /és/ nem függ az anyagi test sebességétől. Ezt az álláspontot kiterjeszteni az objektív valóság egészére a dialektikus materializmus tanításától való eltéréssel egyenlő. Ha elszakítjuk a téridőt a mozgó anyagtól, ezzel megfoszunk lényegétől, tartalmától. A téridő abszolutizálása filozófiai szempontból ugyanúgy helytelen, mint külön-külön a tér és az idő abszolutizálása, azt jelenti, hogy az anyagon kívül létezik még egy realitás - ti. a téridő. A téridőnek, mint objektív realitásnak a felfogása pedig végsősoron idealizmushoz vezet.

Meg kell jegyeznünk A.D. Alexandrov sehol sem mondja azt, hogy a téridő független a mozgó anyagtól, hogy a téridőnek nincs semmilyen kapcsolata a mozgással. Sőt a téridő fogalmát úgy határozza meg; "hogy ...a világban végbemenő mindenféle eseményeknek halmaza, amelyet minden sajátosságától elvonathoztatottnak veszünk, azokon a sajátosságokon kívül, amelyeket egyes eseményeknek másokra gyakorolt hatása vonatkozási rendszerének szerkezetével határozunk meg. Emellett a téridő négydimenziós sokféleség, amely maximálisan egynemű, amennyiben a kijelölt vonatkozási rendszer egyáltalán megengedi".²⁰ Vagyis ezen meghatározás rámutat a mozgás és a téridő kapcsolatára. De mint láttuk, Alexandrov ezt a téridőt a speciális relativitáselmélet alapján határozza meg, s mivel ez az elmélet a téridőt abszolútnak, azaz anyagtól függetlennek tekinti, így felfogása hasonló következtetésekre ad lehetőséget.

Természetesen az eddig elmondottak nem jelentik azt, hogy a speciális relativitáselmélet tételei, ill. a téridő felfogása helytelen. Mint már erre rámutattunk: minden szaktudomány a saját kutatási területén abszolútnak tekintheti az anyag valamely tulajdonságát, olyan tulajdonságot, amely nem függ a tudomány által meghatározott feltételektől; így a speciális relativitáselmélet feltételei között - tehát inercia rendszerek, homogén tér, tömegkoncentrációtól távol, stb. esetén - a téridő intervallum ténylegesen invariánsnak mutatkozik, azaz nem függ a koordináta rendszer sebességétől /lásd: /9/ képlet/. A hiba tehát nem a fizikai elméletben van - hanem abban, ha ezt az elméletet filozófiailag abszolutizáljuk.

X

Mielőtt befejeznénk a speciális és általános relativitáselmélet értékelését, valamint A.D. Alexandrov álláspontjával kapcsolatos megjegyzéseinket, még egy problémára kell kitérnünk: A.D. Alexandrov nemcsak azt hangsúlyozza, hogy a téridő abszolút jellegű, hanem ezt az anyag egyetlen létformájának tekinti; azaz Minkowski téridő kontinuum elméletéből azt a következtetést vonta le: "A relativitáselmélet fő következtetése a tér és idő olyan egyetemes kapcsolatának megállapítása, mely szerint ezek az anyag létezésének egyetlen formájában, a téridőben egyesülnek".²¹

Szerintünk nem lehet egyetérteni A.D. Alexandrov ezen felfogásával. Mint a II. fejezetben láttuk - a téridő kontinuum elmélet megalkotója H. Minkowski volt. Ő - elsősorban a számítások megkönnyítése végett - a tér 3 koordinátája mellé negyedik koordinátának felvette az i c-vel megszorított időkoordinátát /t/. Már ott rámutattunk, hogy ez nem jelenti azt, hogy ezáltal a tér, valamint az idő teljesen egybeolvadt, hogy teljesen eltűnt volna a különbség a tér, valamint az idő között.

A Minkowski-féle téridő kontinuumot elemezve, Vernes Mikós a következőket írja: "A Minkowski-féle világ esetében nincs arról szó, mintha a mi térünk kapott volna egy negyedik dimenziót, térünk változatlanul három dimenziós. A negyedik dimenzió, az is arányossági szorzóval megszorított időt a számítások kedvéért kapcsoljuk hozzá a meglévő háromhoz".²² Hasonló a hézete Max von Laue-nak is: "Itt azonban csak egy nagyon értékes matematikai műfogásról van szó; valami különös mélység, amit sokan akarnak belemagyarázni, nem rejtőzik mögötte"²³. - Meg kell jegyeznünk, hogy teljes egészében nem lehet egyetérteni Max von Laue felfogásával sem. Nem akarunk sem a speciális relativitáselméletbe, sem a Minkowski-féle téridőfelfogásba "belemagyarázni" semmit, - hisz éppen es ellen lépünk fel mi is, - de meg kell jegyeznünk, hogy azért van "valami különös mélység" ebben az elméletben, - az ti., hogy aláhassa a tér és idő összefüggését, egységét.

A tér és idő különbségére a relativitáselmélet is rámutat. Fizikai szempontból az egyik legfontosabb különbség a következő: A relativitáselméletben a tér koordináták, valamint az idő koordináta mindig ellenkező előjellel szerepelnek. Éppen ezért sohasem lehet a tér koordinátát időkoordinátával felcserélni, és fordítva; azaz míg valamely térkoordináta mint tengely körül mindig elforgathatunk bármely koordináta rendszert /tehát a térkoordináták egymással felcserélhetők/, addig ugyanezt az idő koordinátával nem tehetem meg.

Még egy fizikai szempontból adódó különbségre utalunk: A fénykup^x a téridő kontinuumot két részre osztja. A négy dimenziós tér azon

^x A fénykup - olyan nyitott kup, amely egy pontból - speciális esetként az origóból - kiinduló négydimenziós téridő pontok halmaza, melyek fénysebességgel - vagy annál kisebb sebességgel terjedő hatásokkal elérhetők; azaz olyan kup, melynek palástját az adott négydimenziós koordináta rendszer egy pontjából - avagy az origóból - kiinduló fénysugarak, ill. fénysebességgel terjedő hatások világvonalainak összessége határozza meg, s melynek tengelye az időtengellyel párhuzamos - ill. azonos.

pontjai, amelyekre érvényes a

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 + dw^2 < 0 \quad /12/$$

összefüggés - az időszerű pontokat adják, azok a pontok, pedig, melyekre

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 + dw^2 > 0 \quad /13/$$

összefüggés - a térszerű pontokat adják; tehát a téridő kontinuum ilyen-
 don egymástól fizikailag jól elkülöníthető részre oszlik: az időszerű és
 a térszerű pontokra. M.F. Sikokov, szovjet filozófus írja ezzel kapcsolat-
 ban: "De az idő és tér kölcsönhatása nem jelenti azok azonosságát. A tér
 és az idő megmaradnak különböző fizikai valóságoknak. Ez abban fejeződik
 ki, hogy a ds intervallumok két faja van, melyek a tiszta tér és tiszta
 idő kiterjedéseknek felelnek meg. Minthogy ezeknek az intervallumoknak
 különbsége nem függ a koordináta rendszerek kiválasztásától, és az adott
 pont környezetében a ds intervallumra mindig ki lehet választani a /3/
 formát,^x ezért minden koordináta rendszerben $ds^2 > 0$ a térszerű
 intervallumokra és $ds^2 < 0$ az időszerű intervallumokra".²⁴

A.D. Alexandrov amikor úgy fogja fel a téridőt, mint az anyag
 egyetlen létformáját - a speciális relativitáselmélet említett tételéből
 indul ki. Ez a tétel azonban nem mondja ki, mint láttuk, a tér és az idő
 teljes azonosságát, hanem "csak" a tér és idő elválaszthatatlanságát,
 kölcsönös függőségét, megbonthatatlan egységét fejezi ki. A tér és idő
 egysége azonban nem jelenti azonosságukat. A téridő fogalmának felcsere-
 lése egyetlen fogalommal, a téridő fogalmával, nem jogosult. Azon túl,
 hogy a téridő fogalma egy fizikai fogalom, s a relativitáselmélet e fo-

^x Sikokov cikkében a /3/ forma $ds^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 + dx_4^2$, ahol
 $dx_4 = ict$.



galom megalkotásánál csak a tér és idő fizikai tulajdonságait vette figyelembe; azon túl, hogy - mint láttuk - fizikailag sem azonosul teljesen a két kategória - a tér és idő általános lényegüket tekintve is különböznek egymástól. Filozófiai szempontból az anyag létformáinak lényegét nem lehet kifejezni egy fogalommal, mivel ezeknek a kategóriáknak - emellett, hogy közös lényegük van - megvan a specifikus lényegük is. A tér és az idő - emellett, hogy mindkettő az anyag objektív létezési formája - különböznek is egymástól, s ez a különbség abban fejeződik ki, hogy míg a tér az anyagi tárgyak kiterjedettségét, egymásmellettségét, addig az idő az anyagi jelenségek folyamatosságát, egymásutániségét jelenti.

As eddig elmondottak nem jelentik azt, hogy a téridő fogalmát, mint használhatatlant el kell vetni. A téridő fogalma kifejezi, hogy mélyreható összefüggés áll fenn a tér és az idő között, aláhúzza belső kapcsolatukat. Ezáltal igazolja a dialektikus materializmusnak a tér és idő egységéről szóló tanítását. A marxista filozófia ezen felfogása logikusan következik abból a tényből, hogy mind a tér, mind az idő az anyag létformája, hogy mindkettőt a mozgó anyag határozza meg. Ilyen értelemben a téridő fogalmának használata jogos.

X

A speciális relativitáselmélet tér- és időfelfogása tehát - hasonlóan a newtoni tér-idő felfogáshoz, s általában a természettudományok minden eredményéhez - csak viszonylagos jellegű. A marxista ismeretelmélet értelmében nem szabad megállnunk ezen téridő felfogásnál. "A tér és idő emberi képzelete viszonylagos - írja Lenin - de e viszonylagos képzetekből fejlődésük során az abszolút igazság vonalán haladnak, az abszolút igazsághoz közelednek".²⁵ A viszonylagos és az abszolút igazságról szóló

marxista ismeretelmélet megköveteli tőlünk, hogy 1./ minden tér és idő-elméletet - így a speciális relativitáselméletet, de a gravitációs elméletet is - úgy kell tekintenünk, mint viszonylagos igazságot, mint olyan elméletet, amely csak megközelítő, viszonylagos jellegű; 2./ minden új tér és időelméletet úgy fogjunk fel, mint amely egy lépcsőfok az abszolút igazság felé, minden tér és időelmélet, mint viszonylagos igazság magába foglalja az abszolút igazság egy mozzanatát; ezekből következően: 3./ egyetlen tér és időelméletet sem szabad abszolutizálnunk, nem szabad a tételeit örök, megdönthetetlen igazságnak felfognunk, hanem látni kell az elmélet korlátozott, hiányos voltát is; 4./ egyetlen téridő elméletet sem szabad abszolút módon elvetnünk, - természetesen ez csak olyan elméletekre vonatkozik, melyek visszatükrözik az objektív valóságban meglévő tér- és időviszonyok valamely vonatkozását, oldalát, - hanem minden új tér és időelméletnek magába kell foglalnia a régi tér és időelméletek egyrészét, - azt, mely az abszolút igazság mozzanatát foglalja magában.

A marxista ismeretelmélet ezen utolsó követelményét nagyon szemléletesen mutatja a tér és idő tudományos elméleteinek fejlődése. Ez történt az Euklides-féle és nem-euklidesi geometriák esetében: a Riemann-féle geometria magába foglalja az euklidesit, mint speciális esetet; ilyen dialektikus tagadás volt a speciális relativitáselmélet létrejötte is: úgy szüntette meg a klasszikus fizika tér- és időfelfogását, hogy egyben meg is őrizte. Ez a viszony áll fenn a speciális relativitáselmélet és a gravitációs elmélet között is. Az általános relativitáselmélet nem veti el teljesen a speciális relativitáselméletet, hanem csak korlátozza érvényesülési körét. Max von Laue írja ezzel kapcsolatban: "Végezetül hangsúlyoznunk kell, hogy az általános relativitáselmélet semmiképpen sem szünteti meg a speciális relativitáselmélet érvényét, ha-

nem matematikai szigorúsággal kimutatja ennek korlátolt tér-idő-tartományokon belüli érvényét...²⁶ A speciális relativitáselméletnek a gravitációs elmélet által történt korlátozása azonban - különösen az általunk vizsgált probléma szempontjából igen fontos: itt pontosabban rá tudunk mutatni arra, hogy milyen feltételek mellett érvényes, s milyen korlátai vannak a speciális relativitáselméletnek.

A speciális relativitáselmélet tételeinek filozófiai általánosítása éppen az elmélet korlátozott volta miatt - mint láttuk - teljes egészében nem lehetséges. A speciális relativitáselmélet olyan feltételekből indul ki, melyet az objektív valóság csak egy meghatározott területén érvényesek, s ezért nem lehet kiterjeszteni az elméletet az objektív valóság minden területére. A speciális relativitáselmélet ezen feltételei - mint ezt az előzőekben kimutattuk - a következők: 1./ A fény sebesség állandóságának elve, 2./ az inercia rendszerek, 3./ a tér és idő maximális egyneműsége, 4./ a 3-ból következően: az Euklides-féle geometria érvénye; 5./ a gravitációs tömeg és az általa létrehozott gravitációs mező hiánya. Ezek a feltételek megszabják a speciális relativitáselmélet érvényesülési körét, s így nem lehet egyetérteni az olyan törekvésekkel, melyek ki akarják terjeszteni az elmélet törvényeit a világmindenség egészére.

A gravitációs elmélet egy új téridő felfogást hozott. Bár az elmélet - mint utaltunk rá - nincs teljesen kidolgozva, mégis egy sor kérdésben megváltoztatta a korábbi téridő felfogást. A vonzáselmélet térrel és idővel kapcsolatos eredményeit - az előzőek alapján - a következőkben foglaljuk össze: ezen összefoglalás során rámutatunk arra is, hogy milyen vonatkozásokban, milyen pontokon haladta meg a speciális relativitáselmélet felfogását.

1./ A speciális relativitáselmélettel szemben rámutatott arra, hogy a fénysebesség állandóságának elve tömegkoncentráció közelében nem érvényes; a fény sebessége függ a gravitációs mezőt létrehozó test tömegé-

től. /Lásd: 10-es képlet./ Ezáltal a speciális relativitáselmélet egyik kibúvó tétele, axiómája vált korlátozottá. Kitűnt, hogy ez csak inerciális rendszer esetében és tömegektől távol érvényes.

2./ Rámutatott arra, hogy a térbeli és időbeli nagyságok függenek a gravitációs tömegtől. /Lásd: 11-es képlet./ Ezáltal még jobban aláhústa a tér és idő viszonylagos jellegét és bebizonyította a dialektikus materializmus azon tételét, hogy a tér és az idő a mozgó anyag létformája, hogy a tér és az idő konkrét tulajdonságait és viszonylatait mindig az anyag és az anyag mozgása határozza meg.

3./ A gravitációs elmélet rámutatott arra is, hogy nemcsak külön a térbeli nagyság és külön az időbeli nagyság függ a tömegtől és a tömeg mozgásától, hanem a kettő egysége - a téridő is. Bebizonyította, hogy a téridő metrikáját minden esetben a tömeg és a tömeg mozgása - valamint az általuk létrehozott gravitációs mező - határozza meg, a gravitációs elmélet e pontban is korlátozza a speciális relativitáselmélet felfogását; kitűnt, hogy a téridő intervallum abszolút jellege csak bizonyos - a már említett - feltételek esetében áll fenn.

Megvizsgáltuk a speciális és az általános relativitáselmélet alapján az előbbi elmélet azon felfogását is, hogy a tér és idő az anyag egyetlen létformájában, a téridőben egyesül. Ezzel kapcsolatban kifejtettük azon álláspontunkat, hogy bár a relativitáselmélet ismételten bebizonyította a tér és idő szoros kapcsolatát, kölcsönhatását, egységét, ez nem jelenti ezen kategóriák teljes azonosságát; a tér és idő közös, azonos lényegükön - mindkettő az anyag létformája - kívül, specifikus lényeggel is rendelkezik: az előbbi az anyag egymássaliségét, kiterjedettségét, az utóbbi pedig egymásutániságát, folyamatosságát jelenti.

A marxista ismeretelmélet, és a dialektikus materializmus felfogása alapján a relativitáselméletet úgy értékelhetjük, mint egy igen fontos lép-

csőfokot, mintegy igen lényeges állomást a tér és idő megismerése terén. Ezen elméletek segítségével egy sor kérdésben gazdagodott a térről és az időről nyert ismeretünk, bebizonyosodott, hogy azok a tételek, melyeket a dialektikus materializmus állított fel a térrel és idővel kapcsolatban, megfelelnek a valóságban meglévő tér és idő viszonyoknak.

IV.

A relativitáselmélet által feltárt új törvényszerűségek lehetővé teszik, hogy konkrétan megvizsgáljuk a tér és az idő lényegét, lehetővé tesszük a tér és az idő, valamint a mozgó anyag kapcsolatának mélyebb elemzését. A relativitáselmélet kimutatva a téridő és az anyag szoros kapcsolatát, felvetette a dialektika egy sor kategóriájának - így pl. a tartalom és forma, abszolút és relatív, absztrakt és konkrét, lényeg és jelenség, stb. - konkrét problémáját. A dialektika ezen kategóriáinak elemzése - a mozgó anyag és a téridő kapcsolatának viszonylatában - igen fontos. E kategóriák segítségével pontosabbá tudjuk tenni az általunk vizsgált probléma mibenlétét. A relativitáselmélet eredményei alapján elemelve a tér és az idő kapcsolatát a mozgó anyaggal, csak egy dialektikus kategória párral foglalkosunk részletesebben: az abszolút és relatív dialektikájával. Azt vizsgáljuk meg, hogy mennyiben és milyen vonatkozásban tekinthetjük a teret és az időt - /avagy a téridőt/ abszolútnak, ill. relatívnak;

1

Amikor a tér és az idő anyaggal való kapcsolatának kérdését elemessük, kétségtelen az egyik legfontosabb probléma az, hogy milyen értelemben tekinthetjük a teret és az időt abszolútnak, ill. relatívnak. Ez a kérdés tisztázza a közöttük lévő kapcsolat jellegét. Amikor a tér és az idő abszolút, ill. viszonylagos jellegéről van szó, látnunk kell az abszolút és a relatív dialektikáját. Az abszolút és a viszonylagos fogalmának és kapcsolatának elemzése közelebb visz bennünket a tér és az idő, valamint az anyag kapcsolatának megértéséhez.

Az abszolút fogalma filozófiai értelemben feltétlen, univerzális, független, változatlan, önmagában meghatározott, mindent átfogó, megváltoztathatatlan, elsődlegest; a viszonylagos pedig feltételest, más által meghatározottat, változót, másodlagost, önállósítással nem bírót, megváltoztathatót, valamitől függőt, stb. jelent. Ilyen értelemben ezen két kategória szembenáll egymással, egymás ellentétei. A dialektikus materializmus azonban nemcsak szembeállítja egymással az abszolút és a viszonylagost, hanem rámutat a közöttük lévő kapcsolat dialektikus jellegére is. A marxista dialektika szerint a közöttük lévő viszony két oldala van: egyrészt ellentétesek egymással, az egyik kizárja a másikat; másrészt feltételezik egymást, egységet alkotnak, kölcsönösen átmennék egymásba. Mi csak a viszonyuk ezen második oldalával foglalkozunk; tudniillik az általunk visegált probléma szempontjából éppen ez a döntő.

Az abszolút és a viszonylagos egységet alkot. A marxista dialektika szerint a közöttük lévő különbség, szembenállás, nem abszolút jellegű. "A szubjektivizmus /szkeptizmus és szofisztika, stb./ többek között abban különbözik a dialektikától, - írja Lenin - hogy az /objektív/ dialektikában a relatív és az abszolút közötti különbség is viszonylagos /relatív/. Az objektív dialektika szerint a relatívban is van abszolút. A szubjektivizmus és szofisztika szerint a relatív csakis relatív és kizárja az abszolútat".¹ Ez azt jelenti, hogy az abszolút megjelenhet a viszonylagosban, hogy minden viszonylagos magába foglalja az abszolút egy részét.

Az abszolút és a relatív metafizikus szembeállítása azért sem jogosult, mert az abszolút és a viszonylagos átmenhetnek egymásba, ami bizonyos feltételek között abszolút, az más feltételek között lehet re-

latív; és fordítva. Általában, ami egy adott totalitásban abszolút, egy másik, nagyobb, általánosabb totalitásban viszonylagossá válik. Így ha valamely tulajdonságot, vagy viszonyt abszolútnak fogunk fel, mindig rá kell mutatnunk azokra a feltételekre, amelyek között ez a tulajdonság, vagy viszony abszolút; vagyis mindig meg kell határozni, hogy az adott tulajdonság, vagy viszony melyik totalitásban vizsgálva abszolút.

Az abszolút és viszonylagos szembeállítás indokolatlan azért is, mert az abszolút és a viszonylagos különválasztása, éppen a fentiekből következőleg, nem lehet abszolút. A valóságban a dolgok és a jelenségek egyidejűleg rendelkeznek abszolút és viszonylagos tulajdonságokkal. Az egész világmindenségben abszolút volta csak a mozgó anyagnak van, minden más jelenség az anyaghoz képest viszonylagos jellegű. Ezzel kapcsolatban meg kell jegyezni, hogy 1./ míg a filozófiai értelemben vett anyag, tehát az anyag, mint olyan csak abszolút, azaz abszolút volttal rendelkezik, mivel önmaga által meghatározott, létében semmitől sem függ, mivel elsődleges, eredendő, addig az anyag egyes konkrét megjelenési formái nemcsak abszolútak, hanem viszonylagosak is; 2./ ugyanakkor az egyéb jelenségek, /pl. az anyag attribútumai/ nemcsak viszonylagos, hanem egyben abszolút jelleggel is rendelkeznek. Mindez vonatkozik a térre és az időre is. A tér és az idő természetét csak úgy tudjuk helyesen értelmezni, ha egyidőben abszolútnak és viszonylagosnak tekintjük őket, ha alkalmazzuk rájuk is az abszolút és a viszonylagos dialektikáját. Amikor a teret és az időt abszolútnak tekintjük, ez alatt soha sem az anyagtól való teljes függetlenségét értjük, hanem olyan abszolútnak tekintjük, amely magába foglalja a viszonylagost is. A tér és az idő abszolút jellegének más értelmezése helytelen. A tér és az idő abszolutizálása, - mint ezt Newton és követői tették, - avagy a téridő abszolutizálása, - mint ez

a speciális relativitáselmélet tanításából látszólag következik, - azt jelenti, hogy a teret és az időt, mint létformát elszakítjuk tartalmuktól, belső lényegüktől, a mozgó anyagtól.

Bármely fizikai elmélet abszolutizálása helytelen. A geometriában, avagy a fizikában a konkrét tér és időviszonyok tanulmányozása szempontjából, hogy tisztán lássák a tér és az idő konkrét tulajdonságait - el kell vonatkoztatni az azokat meghatározó anyagtól, "és ezt, mint közbübszt, félre kell tenni".² Természetesen ez az elvonatkoztatás nem lehet abszolút, nem szabad megfeledkezni arról, hogy itt absztrakcióról van szó, azaz itt is szem-előtt kell tartani a dialektikus módszer tanítását. Ha elvonatkoztatunk a tér és az idő konkrét tulajdonságainak, szerkezetének tanulmányozásánál a mozgó anyagtól, s így abszolútnak tekintjük azokat, minden esetben rá kell mutatnunk ennek konkrét jelentésére. Amikor a tér és az idő /avagy a téridő/ abszolút és viszonylagos jellegéről van szó, mindig látnunk kell azokat a feltételeket, amelyeknek megváltozása hat a tér és az idő tulajdonságaira /meghatározva relativ jellegüket/, ill. amelyek nem hatnak azokra /meghatározzák abszolút jellegét/. Másként mondván: a tér és az idő abszolút jellegén nem akármilyen függetlenségét értjük, hanem csak meghatározott külső feltételektől és viszonyoktól való függetlenségét.

A természettudományok tehát bizonyos feltételek mellett elvonatkoztathatnak a teret és az időt meghatározó mozgó anyagtól, s e feltételek mellett abszolútnak tekinthetik azokat. De ugyanilyen elvonatkoztatás a filozófiában nem hogy nem szükséges, de egyenesen káros; a filozófiai értelemben vett tér és idő lényegét nem érthetjük meg az ezeket meghatározó anyag nélkül. Az, hogy az adott tudomány a tér és az idő tanulmányozásánál elvonatkoztat a konkrét tartalmuktól, nem jelenti azt, hogy filozófiában is metafizikusan kell szemlélni a teret és az időt. Éppen

esért nem tudunk teljesen egyetérteni A.D. Alexandrovval, amikor a következőket írja: "... az elméletnek el kell vonatkoztatnia a jelenségek közötti kapcsolatok konkrét jellegétől és bizonyos mértékben magától a materiális tartalmuktól is, a figyelmet csupán ezen kapcsolatok strukturájára összpontosítva. Magától értetődik, hogy az elmélet máskülönben nem lenne éppen az anyag létesési formájának elmélete. Ezért a téridő - elméletre jellemző az, hogy meg lehetőséget mérvi absztrakciót követel meg".³ Ha ezt A.D. Alexandrov csak a relativitáselmélettel, mint a téridő fizikai elméletével kapcsolatban mondaná - a fentiek alapján egyetértünk vele; de ez az álláspont nemcsak a relativitáselmélettel kapcsolatos néla, hanem a téridő filozófiai meghatározásával is. Véleményünk szerint ilyen fokú absztrakciót akár a tér és az idő, akár a téridő meghatározásánál nem lehet megengedni, a téridőt nem lehet az anyagtól függetlenül meghatározni.

A relativitáselmélet alapján nem tekinthetjük a téridőt abszolútnak; a téridő meghatározásánál nem vonatkozathatunk el anyagi tartalmuktól. A gravitációs elmélet éppen a téridő viszonylagos jellegét bizonyítja be újra és újra. Mivel a téridő strukturáját, metrikáját mindig a tömeg és a tömeg mozgása határozza meg, a téridő mindig a mozgó anyagtól függ, azaz az anyag minden sajátos, meghatározott megjelenési formájának megvan a sajátos, meghatározott térideje is. Így az objektív valóság egy bizonyos területén érvényes téridőstrukturákat /avagy az ezeket tükröző elméleteket/ nem lehet átvinni az objektív valóság más területeire. Ha már igen indokolt annak a feltételezése, hogy a mikrovilágban más téridő viszonyok uralkodnak, mint a makrovilágban. Ez is azt bizonyítja, hogy a téridő nemcsak abszolút, hanem egyben viszonylagos jellegű is.

Amikor tehát a térre és az időre /avagy a téridőre/ alkalmazzuk az abszolút és a relatív kategóriáját, tisztában kell lennünk ezen kategóriák dialektikus jellegével. Látnunk kell azt, hogy a tér és az idő /avagy

a téridő/ abszolút jellege, s ezen kategóriák viszonylagos jellege egyidőben áll fenn, hogy mind abszolút, mind viszonylagos jellegük egy forrásból származik - abból, hogy az anyag létformái. A relativitáselmélet igazolta a dialektikus materializmus felfogását a tér és az idő abszolút, ill. relatív jellegéről. Amikor a teret és az időt /avagy a téridőt/ abszolútnak tekintjük, látnunk kell, hogy ez nem mindentől való függetlenséget jelent, hogy ez az abszolút magába foglalja a viszonylagost is. Mint Lenin írja: "az abszolút és a viszonylagos, ...= egy és ugyanazon világ részei, lépcsőfokai".⁴

A tér és idő /ill. téridő/ abszolút jellege filozófiai értelemben nem jelenti az anyagtól való függetlenséget, hanem éppen az anyaggal való kapcsolatából következik. A tér és az idő abszolút jellege azt jelenti, hogy mint a mozgó anyag megteremthetetlen és megsemmisíthetetlen, hogy létében nem függ az anyag egyes, konkrét megjelenési formáitól, hogy az anyag mindig térben és időben mozog, hogy minden létezés elengedhetetlen, egyetemes feltétele. Vagyis a tér és az idő /avagy a téridő/ természetére nézve abszolút jellegű. Azonban a tér és az idő ezen általános természete is éppen az anyagból következik, az anyag nélkül nem létezik; azaz a tér és az idő abszolút jellege nem jelenti az anyagtól való függetlenségét, hanem feltételezi az anyaggal való belső, lényegi viszonyt.

A relativitáselmélet asáttal, hogy rámutatott a téridő és a mozgó anyag szoros kapcsolatára, aláhúzza a tér és az idő abszolút jellegéről mondottakat. A gravitációs elmélet bebizonyította, hogy a tömeg mozgása téridő nélkül nem lehetséges, s ugyanakkor a tér és az idő függ a tömeg eloszlásától és mozgásától, éppen arra mutat rá, hogy a tér és az idő abszolút jellegű, s ez az abszolút jellege az anyaggal való szoros, belső, lényegi kapcsolatból következik.

A tér és az idő /avagy a téridő/ nemcsak abszolút, hanem viszonylagos jellegű is. A tér és az idő relativ jellege azt jelenti, hogy anyag nélkül, az anyagtól függetlenül nem létezik, hogy konkrét természetére függ az anyag egyes konkrét megjelenési formáitól, hogy konkrét szerkezetét, strukturáját, stb. mindig az anyag és az anyag mozgása határozza meg. Vagyis míg a tér és az idő /s ugyanígy a téridő is/ természetére nézve abszolút jellegűnek mutatkozott, addig konkrét megjelenési formáit tekintve viszonylagos. Sőt mivel általános természete, léte is az anyagtól függ - így ilyen szempontból is viszonylagos.

A relativitáselmélet kimutatva, hogy a térbeli és időbeli nagyságok, illetve a téridő strukturája, metrikája a mozgó testtől, a tömegkoncentrációtól, illetve az általuk létrehozott gravitációs mezőtől függ, megerősítette a dialektikus materializmusnak a tér és az idő viszonylagos jellegéről szóló tanítását. A gravitációs-elmélet bebizonyította, hogy a téridő speciális relativitáselmélet által felállított abszolút voltán nem akármilyen függetlenséget kell érteni, hanem meghatározott külső feltételektől való függetlenséget; s éppen ezért a téridőt nem lehet mindig és mindenhol abszolútnak tekinteni, hanem csak a speciális relativitáselmélet által meghatározott körülmények és viszonyok között.

A tér és az idő tehát abszolút és viszonylagos jellegű is. A téridő és a mozgó anyag ezen viszonyának bármely irányú eltorzítása egyoldalúsághoz, a dialektikus materializmus tételeitől való eltéréshez vezet. E kapcsolat elemzésénél mindig szem előtt kell tartani az abszolút és relativ viszonyának dialektikáját; nem lehet a teret és az időt sem abszolúttá tenni, sem relativvá tenni. Minaként véglet metafizikus, s az idealizmus vészélyét hordja magában. Nemcsak a tér és idő anyaggal való kapcsolatát, de ezek lényegét is csak úgy tudjuk helyesen felfogni, ha rámutatunk mind az abszolút, mind a relativ jellegükre.

J e g y z e t e k.

B e v e z e t é s:

- 1./ Lenin: Materializmus és empiriokriticismus. Ö.M. 14. Szikra, Bp. 1954. 177 old.
- 2./ Kant: Tiszta Ész Kritikája. Filozófiai Irók Tára. IX. 1891. 46 old.
- 3./ Einstein: A tér fogalmáról. "Voproszú filozófiá". 1957. 3. sz. 125 old. /oroszul/
- 4./ ugyanott
- 5./ ugyanott
- 6./ Lenin: I.m. 177 old.
- 7./ Engels: A természet dialektikája. Szikra, Bp. 1952. 245 old.
- 8./ Lenin: Filozófiai Füzetek. Szikra, Bp. 1954. 245 old.
- 9./ Lenin: Materializmus és empiriokriticismus id. kiad. 177 old.
- 10/ A.D. Alexandrov: A relativitáselmélet filozófiai tartalma és jelentősége. /Voproszú filozófiá 1959. 1. sz. 68 old./
/Az idézeteket az eredeti orosz szöveggel egybevetve a K.M. Marxizmus-Leninizmus Oktatási Gostálya 1959. 3. száma "Tájékoztató"-jából közöljük. Az eredeti lapozás után sárójelben megadjuk a Tájékoztató lapozását is./
/136 old./

I. fejezet:

- 1./ Idézve: V.I. Szvigyerszkij: Tér és idő. Studium 5. Gondolat Kiadó, 1959. 46 old.
- 2./ ugyanott
- 3./ ugyanott
- 4./ ugyanott
- 5./ Einstein: I.m. 123 old.
- 6./ Kant: I.m. 46 és 50 oldal.
- 7./ Engels: Anti-Dühring. Szikra, Bp. 1948. 37 old.
- 8./ Lenin: Materializmus és empiriokriticismus id. kiad. 177 old.

II. fejezet:

- 1./ Vermees M.: A relativitáselmélet. Studium Könyvek 8. Gondolat Kiadó 1958. 32 old.

2./ Vermes M.: ugyanott

III. fejezet:

- 1./ A.D. Alexandrov: I.m. 69-70 old. /139 old./
2./ ugyanott 70 old. /139 old./
3./ ugyanott 76 old. /153 old./
4./ ugyanott 67 old. /135 old./
5./ ugyanott 84 old. /169 old./
6./ Sz.T. Meljuhin: A véges és a végtelen problémája. Studium Könyvek. 14. old. Gondolat, 1959. 192 old.
7./ A.D. Alexandrov: I.m. 83 old. /167 old./
8./ ugyanott 76 old. /152 old./
9./ A.D. Alexandrov: I.m. 69 old. /138 old./
10/ Lenin: Materializmus és empiriokriticismus. id. kiad. 270 old.
11/ ugyanott 269 old.
12/ Max von Laue: A fizika története. Studium Könyvek. 17. 1960. 85 old.
13/ V.A. Fok: Az egyneműség, kovariánsság és a viszonylagosság fogalma a tér és idő elméletében. Voproszú filozófia 1955. IV. 131 old. /oroszul/
14/ V.I. Szvigyerszkij: I.m. 27-28 old.
15/ Einstein: I.m. 123 old.
16/ V.I. Szvigyerszkij: I.m. 28 old.
17/ A.D. Alexandrov: I.m. 74 old. /147 old./
18/ Lenin: Filozófiai Füzetek. id. kiad. 245 old.
19/ A.D. Alexandrov: I.m. 83 old.
20/ ugyanott 67 old. /135 old./
21/ Vermes Miklós: I.m. /122 old./
22/ Max von Laue: I.m. 85 old.
23/ M.F. Sirokov: A relativitáselmélet materialista lényegéről. /A modern fizika filozófiai kérdései. Moszkva, 1959. A. Szovjetunió Tud. Akad. Kiadó./ 350 old. /oroszul/
24/ Lenin: Materializmus és empiriokriticismus id. kiadás. 177 old.
25/ Max von Laue: I.m. 90 old.

IV. fejezet:

- 1./ Lenin: Filozófiai Füzetek id. kiad. 340 old.
- 2./ Engels: Anti-Dühring id. kiad. 37 old.
- 3./ A.D. Alexandrov: I.m. 79 old. /160 old./
- 4./ Lenin: Filozófiai Füzetek id. kiad. 83 old.

IRODALOMJEGYZÉK.

- 1./ Engels: A természet dialektikája.
- 2./ Engels: Anti-Dühring.
- 3./ Lenin: Materializmus és empiriokritizmus.
- 4./ Lenin: Filozófiai Püzetek.
- 5./ Einstein: A különleges és az általános relativitás elmélete.
- 6./ Einstein: A tér fogalmáról.
- 7./ Max von Laue: A fizika története.
- 8./ Jánossy L.: A filozófia jelentősége a fizikai kutatásban.
- 9./ V.I. Szvigyerszkij: Tér és idő.
- 10/ Sz.T. Meljuhins: A véges és végtelen problémája.
- 11/ Vernes M.: A relativitáselmélet.
- 12/ A.D. Alexandrov: A relativitáselmélet filozófiai tartalma és jelentősége.
- 13/ V.A.Fok: Az egyneműség, kovariánság és a viszonylagosság fogalma a tér és az idő elméletében.
- 14/ V.A.Fok: Harmonikus rendszerekről a relativitáselméletben.
Voproszú filozófi. 1955. III. 159.
- 15/ N.F. Sirokov: A relativitáselmélet materialista lényegéről.

