

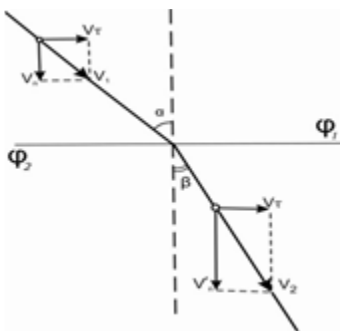
## Ա.Զ. ՄԱՆՈՒԿՅԱՆ

### ԷԼԵԿՏՐԱՍՏԱՏԻԿ ԴԱՇՏՈՒՄ ԼԻՑԲԱՎՈՐՎԱԾ ՄԱՍՆԻԿԻ ՇԱՐԺՄԱՆ և ԹԱՓԱՆՑԻԿ ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ ԼՈՒՍԱՅԻՆ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ՏԱՐԱԾՄԱՆ ՀԱՄԱՆՄԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

Քննարկված է էլեկտրաստատիկ դաշտում լիցքավորված մասնիկի շարժման և բեկող թափանցիկ միջավայրում ճառագայթների միջև գոյություն ունեցող համանմանությունը: Այդ համանմանությունը թույլ է տալիս սովորական երկրաչափական օպտիկայի հասկացություններն ու մեթոդներն օգտագործել գիտության միանգամայն նոր՝ էլեկտրոնային օպտիկայի բնագավառում, ինչպես նաև օպտիկական սարքերի համանմանությամբ նախագծել էլեկտրոնային գործիքներ (էլեկտրոնային մանրադիտակ, ժամանակակից օսցիլոգրաֆական խողովակներ):

**Առանցքային բառեր.** համանմանություն, էլեկտրոնային օպտիկա, էլեկտրոնային մանրադիտակ:

Լիցքավորված մասնիկների շարժման ուսումնասիրությունը մաթեմատիկական մեծ դժվարություն չի ներկայացնում միայն պարզագույն կոնֆիգուրացիայով օժտված էլեկտրաստատիկ դաշտերի դեպքում, որոնցից են լիցքավորված կոնդենստորի, կետային լիցքի և լիցքավորված հաղորդիչ գլանի դաշտերը: Պարզվում է, որ գործնական մեծ կիրառություն ունեցող բազմաթիվ խնդիրներում էլեկտրաստատիկ դաշտերն այնքան բարդ են, որ դրանցում լիցքավորված մասնիկի շարժման հետազոտը որոշելը դառնում է գրեթե անհնար: Այս տիպի խնդիրներ լուծելու համար հարմար է օգտվել մի մեթոդից, որի հիմքում ընկած է էլեկտրաստատիկ դաշտում լիցքավորված մասնիկի շարժման և բեկող թափանցիկ միջավայրում ճառագայթների տարածման միջև գոյություն ունեցող համանմանությունը: Դրանում համոզվելու համար դիտարկենք մի պարզ օրինակ:



Նկ. 1

Ենթադրենք՝ լիցքավորված մասնիկը շարժվում է տարածությունում, որտեղ ինչ-որ սահմանի վրա կա պոտենցիալի թռիչք (Նկ.1): Իհարկե, պոտենցիալի նման թռիչք տեխնիկապես անհնար է իրագործել, քանի որ դրան համապատասխանում է էլեկտրական դաշտի լարվածության անվերջ արժեքը: Ամենալավ մոտավորությունը երկու միմյանց մոտ դասավորված, դիտարկվող լիցքավորված մասնիկների համար թափանցիկ, չափազանց բարակ, լիցքավորված մետաղական նրբաթիթեղներից բաղկացած համակարգն է: Անցնելով բաժանման սահմանը՝ լիցքավորված մասնիկը են-

փանցիկ, չափազանց բարակ, լիցքավորված մետաղական նրբաթիթեղներից բաղկացած համակարգն է: Անցնելով բաժանման սահմանը՝ լիցքավորված մասնիկը են-

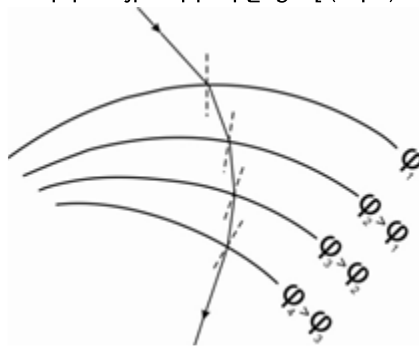
թարկվում է այդ սահմանի նորմալով ուղղված ուժի ազդեցությանը: Այդ պատճառով լիցքավորված մասնիկի արագության նորմալ բաղադրիչը փոխվում է, իսկ տանգենցիալ բաղադրիչը մնում է անփոփոխ (նկ.1): Վերջին պայմանից հետևում է

$$V_1 \sin \alpha = V_2 \sin \beta \quad (1)$$

հավասարումը, որտեղ  $V_1$  և  $V_2$ -ը համապատասխանաբար մասնիկների արագություններն են մինչև բաժանման սահմանի մակերևույթով անցնելը և անցնելուց հետո, իսկ  $\alpha$  և  $\beta$  անկյունները օպտիկայի անալոգով կարող ենք անվանել անկման և բեկման անկյուններ: Եթե հաշվի առնենք, որ էլեկտրաստատիկ դաշտում մասնիկի արագության մեծությունը որոշվում է տվյալ կետում դաշտի պոտենցիալի արժեքով, ապա (1) հավասարումը կարող ենք գրել հետևյալ տեսքով՝

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \sqrt{\frac{\varphi_2}{\varphi_1}} \quad (2)$$

Այս հավասարումը լրիվ համընկնում է օպտիկայում լույսի բեկման օրենքն արտահայտող բանաձևի հետ: Բեկման ցուցչի դերը կատարում է տվյալ կետում պոտենցիալի արժեքի քառակուսի արմատը: Նշենք, որ պոտենցիալի արժեքը հաշվում են տարածության այն կետից, որտեղից սկսում է դեպի դաշտ շարժվել զրո սկզբնական արագություն ունեցող լիցքավորված մասնիկը: Ստացված արդյունքը հեշտությամբ կարելի է ընդհանրացնել կամայական էլեկտրաստատիկ դաշտի համար: Էլեկտրաստատիկ դաշտը միշտ կարելի է ներկայացնել համապոտենցիալ մակերևույթների միջոցով (նկ.2):



Նկ. 2

Եթե այդ համապոտենցիալ մակերևույթները տարված են միմյանց բավականին մոտ, ապա կարելի է համարել, որ պոտենցիալը երկու հարևան համապոտենցիալ մակերևույթների միջև ընկած տիրույթում հաստատուն է, և պոտենցիալի ամբողջ փոփոխությունը տեղի է ունենում շատ փոքր թռիչքներով հենց համապոտենցիալ մակերևույթների վրա: Այս դեպքում լիցքավորված մասնիկը, յուրաքանչյուր համապոտենցիալ մակերևույթը հատելիս, փոխում է իր հետագծի ուղղությունը, որը որոշվում է վերը նշված բեկման օրենքով: Շարժվելով արագացնող էլեկտրաստատիկ դաշտում՝ լիցքավորված մասնիկի հետագիծը կարելի է ներկայացնել կոտրատվող գծով (նկ.2): Սահմանային դեպքում կոտրատված գիծը վերածվում է սահուն գծի, որը նկարագրում է մասնիկի հետագիծը տվյալ էլեկտրաստատիկ դաշտում: Այս հետագիծն իր տեսքով համընկնում է լուսային ճառագայթի հետ, որը տարածվում է փոփոխական բեկման ցուցիչ ունեցող միջավայրում, որի արժեքը տարբեր կետերում համեմատական է պոտենցիալի քառակուսի արմատին: Գոյություն ունեցող

այս համանմանությունը թույլ է տալիս սովորական երկրաչափական օպտիկայի հասկացություններն ու մեթոդներն օգտագործել գիտության նոր բնագավառում՝ էլեկտրոնային օպտիկայում [1], ինչպես նաև օպտիկական սարքերի համանմանությամբ նախագծել էլեկտրոնային գործիքներ [2]: Դրա վառ օրինակը ժամանակակից օսցիլոգրաֆական խողովակների, ինչպես նաև էլեկտրոնային մանրադիտակի ստեղծումն է, որի լուծելիության թույլատրելի ունակությունը մի քանի կարգ մեծ է սովորական օպտիկական մանրադիտակի լուծելիության թույլատրելի ունակությունից: Ժամանակակից օսցիլոգրաֆական խողովակներում էլեկտրոնային փունջը կիզակետվում է միլիմետրի տասնորդական մասից փոքր տրամագիծ ունեցող բծիկի տեսքով:

Շնորհիվ էլեկտրաստատիկ դաշտի առանձնահատկության, էլեկտրոնային օպտիկան ունի ավելի լայն հնարավորություններ, քան սովորական օպտիկան: Սովորական օպտիկայում օգտագործվում է լուսային ճառագայթների բեկումը երկու թափանցիկ միջավայրերի սահմանի վրա, որոնց բեկման ցուցիչները հաստատուն են, և արժեքներն ընկած են նեղ միջակայքում: Այդ իսկ պատճառով լուսային օպտիկայում համակարգի օպտիկական հատկություններն անփոփոխ են: Հակառակ դրան՝ էլեկտրոնային օպտիկայում լիցքավորված մասնիկի հետագծի երկայնքով բեկման ցուցիչի մեծությունը կարելի է փոխել ցանկացած սահմաններում: Էլեկտրոդների պոտենցիալը հեշտությամբ փոխելու միջոցով կարելի է կառավարել էլեկտրոնների շարժումը և արդյունքում՝ փոխել էլեկտրաօպտիկական սարքերի օպտիկական հատկությունները:

#### **ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ ՑԱՆԿ**

1. **Шерстнев Л.Г.** Электронная оптика и электронно-лучевые приборы. – М.: Энергия, 1971. - 368с.
2. **Булычев А.Л.** Электронные приборы. – М.: Высшая школа, 1999. - 415 с.

**С.Д. МАНУКЯН**

#### **АНАЛОГИЯ МЕЖДУ ДВИЖЕНИЕМ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕМ СВЕТОВЫХ ЛУЧЕЙ В ПРОЗРАЧНОЙ СРЕДЕ**

Рассмотрена аналогия между движением заряженных частиц в электростатическом поле и распространением световых лучей в прозрачной преломляющей среде. Существование рассмотренной аналогии позволяет использовать понятия и методы обычной геометрической оптики в совершенно новой области, а именно - в области электронной оптики, а также конструировать электронные приборы (электронный микроскоп, современные осциллографические трубки) по аналогии с соответствующими оптическими инструментами.

**Ключевые слова:** аналогия, электронная оптика, электронный микроскоп.

**S.D. MANUKYAN**

**THE SIMILARITY BETWEEN THE CHARGED PARTICLE MOTION IN AN  
ELECTRIC FIELD AND THE LIGHT BEAM PROPAGATION IN A  
TRANSPARENT MEDIUM**

The similarity between the charged particle motion in an electrostatic field, and the light beam propagation in refracting transparent medium is considered. The existing similarity makes it possible to apply the concepts and methods of the ordinary geometrical optics in an absolutely new branch of science – “electronic optics”. It also makes it possible to construct electronic devices (electronic microscope, modern oscillograph tubes) similar to the corresponding optical instruments.

**Keywords:** similarity, electronic optics, electronic microscope.

UDC 535.145:537.531

**G.B. GRIGORYAN, A.G. POGHOSYAN, H.R. AVETISYAN,  
S.S. AVETISYAN, A.E. MANUKYAN**

**TRANSMISSION AND REFLECTION OF HOLES FROM SINGLE BARRIER  
IN A SEMICONDUCTOR HETEROSTRUCTURES**

The quantum mechanical problem of tunneling and reflection of holes from a barrier in a semiconductor heterojunction has been analyzed. By using the Luttinger Hamiltonian to describe the dynamics of holes, the inherent anisotropy, non-parabolicity and heavy and light hole mixing at the top of the valence band has been taken into account. The general relations among the reflectivities and transmissivities are obtained. These analytical results are complemented by numerical calculations for volt-ampere characteristics.

**Keywords:** Light and heavy holes, quantum barrier, transmission and reflection coefficients.

**Introduction.** Tunneling and reflection from one dimensional square barrier are traditional problems of quantum mechanics. With the arrival of the manufactured semiconductor heterostructures, these problems became also of practical interest, as the epitaxial growth heterointerface between two different semiconductors is almost an ideal realization of a step potential.

Many theoretical methods have been applied to study the semiconductor band structure, electronic and optical properties [1]. These methods can be divided into two general classes: the super cell approach in which the heterostructure is viewed as a material with a large unit cell [2], and the boundary condition approach in which bulk wave functions for each of the constituent semiconductors are matched at the heterostructure interfaces [3,4]. Within the latter category, the envelope function approach, based on the effective mass approximation [5] is easy to apply.