

ПЛАЗМА АҒЫНЫНЫҢ ЭНЕРГИЯСЫН КАЛОРИМЕТРЛІК ӘДІСПЕН АНЫҚТАУ

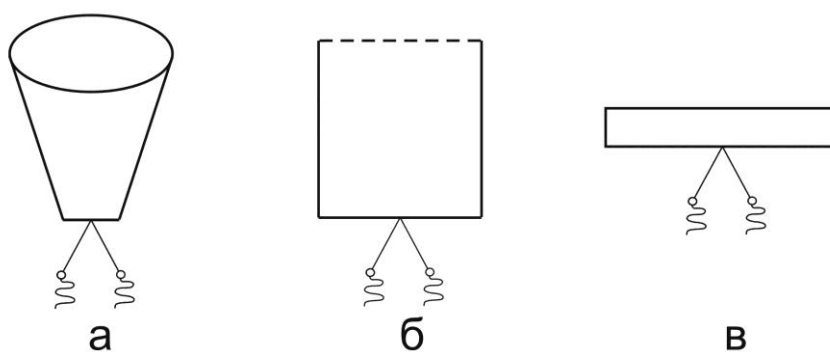
Калориметр бірлік ауданға келетін плазмалық ағынның энергиясын анықтайды. Ол әртүрлі қондырғылардағы плазманың параметрлерін зерттеген кезде, плазмадағы жылу ағынының таралуы мен оның шамасын анықтауда өте қолайлы. Плазмалық ағынның энергия тығыздығының кеңістіктегі таралуы импульсті плазмалық үдеткіш қондырғысының негізгі параметрлерінің бірі.

Калориметрдің жұмыс істеу принципі келесідей: зерттеліп отырған плазма ағыны калориметрге соқтығысып, энергиясын толықтай жылу түрінде береді. Осы кездегі калориметр температурасының өзгерісі «термопара» арқылы тіркеліп, электрондық осциллографқа жазылады. Плазма ағынының энергия тығыздығы төмендегі формула көмегімен анықталады:

$$Q = \frac{cm(t_2 - t_1)}{S}, (47)$$

мұндағы t_1 – калориметрдің бастапқы температурасы, t_2 – калориметрдің плазма ағынымен әсерлескеннен кейінгі температурасы, c – калориметр материалының меншікті жылусыйымдылығы, m – калориметрдің массасы, S – калориметрдің көлденең қимасының, конустың табанының ауданы.

Калориметр жылусыйымдылығы мен балқу температурасы жоғары мыс, никель, молибден (Cu, Ni, Mo) сияқты материалдардан жасалады. Калориметрдің пішіні 18 суретті көрсетілгендей конус, цилиндр немесе диск түрінде болуы мүмкін.



18-сурет. а) конус, б) цилиндр және в) диск түріндегі калориметрлер

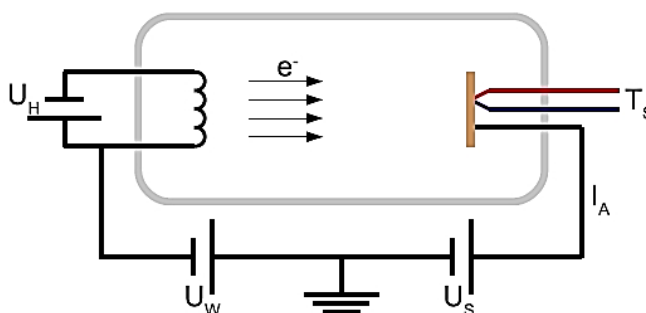
Плазмадан келетін жылу мөлшері ΔQ калориметрдің температурасын жоғарылатады және оның бір бөлігі жылуөткізгіштік және сәулелену нәтижесінде жоғалады. Егерде калориметр бетінің температурасы аса жоғары болмаса және калориметр оны ұстап тұратын тіреумен аз ауданда жанасатын болса, онда жылуалмасу түріндегі энергия жоғалуын ескермеуге болады.

Цилиндрлік калориметрлер оның бетіне түсетін энергияны толығымен, ал пішіні диск түріндегі калориметр келіп түскен энергияның шамамен 20 % жұтады.

Калориметрдің сезгіштігі калориметрлік жүйенің (калориметр, тіреу, контактілер) жылулық эквивалентіне тәуелді. Жылулық эквивалент ескерілген жағдайда, калориметрдің өлшеу дәлдігі жоғарылайды, тәжірибеде кететін қателіктің шамасы азаяды. Жылулық эквивалент калориметрлік жүйенің жылуалмасуға қатысатын бөліктерінің жылу сыйымдылықтарының қосындысы түрінде анықталады. Жылу сыйымдылықты кестеден немесе тәжірибе жүзінде анықтауға болады. Жылулық эквивалентті анықтаудың келесіде көрсетілген әдісі бар. Мұнда калориметрдің жылулық эквиваленті оның энтальпиясы арқылы табылады.

$$\frac{dH}{dt} = C_k \frac{dT_k}{dt}, \quad (48)$$

мұндағы C_k – калориметрдің эффективті жылу сыйымдылығы (калориметрді, оны ұстап тұратын тіреуді, оған жалғанған контактілерді ескергендегі). Осы шаманы тәжірибе жүзінде есептеп табу үшін, калориметрді қыздыратын қондырғы қажет. Ол үшін 19 суретте көрсетілгендей, тәжірибелік қондырғы қолдануға болады:



19-сурет. Калориметрдің сезгіштігін анықтауға арналған тәжірибелік қондырғының қарапайым сұлбасы

Қондырғы вакуумдық камерадан, термоэмиссиялық электрондар көзі болатын қыздырылатын вольфрам сымнан және электр өрісін тудырушы электродтан тұрады. 100 мкм вольфрам сым $U_H = 10$ В кернеуде бойымен 1,5 А ток жүргізіліп қыздырылады және оған қосымша $U_W = -80$ В кері ығысу кернеуі беріледі. Ол электрондардың калориметрге қарай үдеуі үшін арнайы жасалған. Калориметр вакуумдық камераның ішінде орналасқан, электрондар өз жолында ешбір кедергіге ұшырамай, калориметр бетіне жетуі үшін камераның ішінде қысым шамасы төмен болады, шамамен 10^{-4} Па.

Осылайша, электрондар шоғымен қыздырылған калориметрдің энтальпия өзгерісі келесі түрде өрнектеліп жазылады:

$$\frac{dH_{\text{Ы,К}}}{dt} = P_{\text{К}} - P_{\text{Ж}}(T_{\text{К}}), (49)$$

және қондырғыны өшіргеннен кейінгі калориметрдің суу кезіндегі энтальпия өзгерісі төмендегідей өрнектеледі:

$$\frac{dH_{\text{С,К}}}{dt} = -P_{\text{Ж}}(T_{\text{К}}). (50)$$

Егер калориметрге берілетін энергия $P_{\text{К}}$ қыздыру барысында тұрақты болса, ал жоғалған жылу $P_{\text{Ж}}(T_{\text{К}})$ калориметр температурасының функциясы болса, онда калориметрдің кірісіндегі қуатты (49) теңдеуден (50) алып тастау арқылы есептеуге болады:

$$P_{\text{К}}(T_{\text{К}}) = C_{\text{К}} \left[\frac{dT_{\text{Ы,К}}}{dt} - \frac{dT_{\text{С,К}}}{dt} \right]_{T_{\text{К}}} = C_{\text{К}} \cdot F(T_{\text{К}}). (51)$$

Жоғарыдағы (51) теңдеудегі $F(T_{\text{К}})$ функциясы калориметрдің әртүрлі $T_{\text{К}}$ температурасы үшін алынған (калориметрдің қыздырылу және суу фазасындағы) тәуелділік қисықтарының иілулерінің айырымы түрінде анықталады. Осы функцияны біле отырып, (51) көмегімен эффективті сыйымдылықты есептеп табуға болады. Ол үшін $P_{\text{К}}$ калориметрдің бетіне келіп түсетін қуаттың шамасын білу қажет. Калориметр электрондардың көмегімен қыздырылатындықтан (тәжірибеге оралсақ), кіріс қуаты келесіге тең болады:

$$P_{\text{К}} = P_e = \left(U_{\text{К}} - U_W + \frac{U_H}{2} \right) \cdot I_{\text{К}}, (52)$$

мұндағы $I_{\text{К}}$ – калориметр арқылы өтетін токтың мәні. Суу фазасында калориметрге теріс ығысу кернеуі беріледі, ол - калориметр суыған кезде, оның бетіне электрондардың келіп түсуін тежейді, нәтижесінде $I_{\text{К}} = 0$.

Осылайша, калориметрді қолданғанда, тәжірибеде кететін қателікті азайту үшін және калориметрмен жүргізілген зерттеу жұмысының дұрыстығына көз жеткізу үшін оған жоғарыда айтылған әдістің көмегімен «калибровка» жасауға болады.