ФИЗИКА

УДК 53.08

В.Г. Жотиков

ÝÊÑÏÅÐÈÌÅÍÒÀËÜÍÎÅ ÍÀÁËÞÄÅÍÈÅ ÑÏÈÍ-ÑÏÈÍÎÂÎÃÎ ÄÂÓÕÔÎÒÎÍÍÎÃÎ ÄÂÓÕÔÎÒÎÍÀ

Московский физико-технический институт

1. Ââåäåíèå

Ïðîáëåìà ñóùåñòâîâàíèÿ â ïðèðîäå íîâûõ ôóíäàìåíòàëüíûõ âçàèìîäåéñòâèé, ïðèíöèïèàëüíî îòëè÷íûõ ïî ñâîåé ïðèðîäå îò èçâåñòíûõ ôóíäàìåíòàëüíûõ âçàèìîäåéñòâèé, íåñìî íåíí, ïðåäñòàâëÿåò èñêëþ÷èòåëüíûé òåîðåòè÷åñêèé è ýêñïåðèìåíòàëüíûé èíòåðåñ. Íàñòîÿùàÿ ðàáîòà ïîñâÿùåíà îïèñàíèþ ýêñïåðèìåíòîâ, â êîòîðûõ íàáëþäàëèñü íîâûé òèï ôóíäàìåíòàëüíîãî âçàèìîäåéñòâèÿ íåýëåêòðîìàãíèòíîãî äàëüíîäåéñòâèÿ ìåæäó ñïèíàìè.

Îòìåòèì, ÷òî óêàçàííàÿ ïðîáëåìà íåîäíîêðàòíî è àêòèâíî îáñóæäàëàñü â ôèçè÷åñêîé ëèòåðàòóðå â 80–90-å ãã., ïðè÷åì ñóùåñòâåííûé âêëàä â ðàçðàáîòêó è ïîíèìàíèå ôèçè÷åñêèõ ñëåäñòâèé, âûòåêàþùèõ èç ñóùåñòâîâàíèÿ â ïðèðîäå óêàçàííîãî íîâîãî âçàèìîäåéñòâèÿ (íîâîé ñèëû) âíåñëè ðîññèéñêèå ó÷åíûå. Â ýòîé ñâÿçè óêàæåì ïðåæäå âñåãî íà ðàáîòó À.Ô. Àíäðååâà [1]. Â óêàçàííîé ðàáîòå ñóùåñòâîâàíèå â ïðèðîäå íîâîé äàëüíîäåéñòâóþùåé ñèëû ïðåäñêàçûâàåòñÿ èç âåñüìà îáùèõ ñîîáðàæåíèé îòíîñèòåëüíî õàðàêòåðà ñèììåòðèè ôèçè÷åñêèõ çàêîíîâ, à èìåííî èç ñîîòíîøåíèÿ íàðóøåíèÿ ïîëíîé îòíîñèòåëüíîñòè. Óêàæåì òàêæå íà ðàáîòû ãðóïïû Å.Á. Àëåêñàíäðîâà, À.À. Àíñåëüìà [2–4] è ãðóïïû Ï.È. Âîðîáü¸âà [5–7]. Â óêàçàííûõ ðàáîòàõ îïèñàíû ïîïûòêè ýêñïåðèìåíòàëüíîãî îáíàðóæåíèÿ íîâîé äàëüíîäåéñòâóþùåé ñèëû íåýëåêòðîìàãíèòíîãî âçàèìîäåéñòâèÿ íà îòðèöàòåëüíûõ ðåçóëüòàòàõ ýêñïåðèìåíòîâ [2–4]. Îòìå÷åíî, ÷òî âçàèìîäåéñòâèå ïðääñêàçûâàåòñÿ ðÿäîì ñîâðåìåííûõ òåîðèé, à èìåííî òåîðèÿì è ñóïåðãðàâèòàöèè, ãðàâèòàöèîííûì òåîðèÿì è ñäèâèã÷åñêè ïîëåì êðó÷åíèÿ óêàçàííé âûøå ìîäåëüïñïîíòàííîãî íàðóøåíèÿ ïîëíîé îòíîñèòåëüíîñòè [1]. Èç çàðóáåæíûõ èñòî÷íèêîâ íà ýòó òåìó óêàæåì íà ðàáîòû [8–13].

Ïðîáëåìà ïîèñêà (ïñåâäî) ñêàëÿðíûõ áîçîíîâ, íåñìîòðÿ íàòî, ÷òî è ìåòóæåæ ïî÷òè 30-ëåòíþþ èñòîðèþ, ïðîäîëæàåò ïðèâëåêàòü êñááã ãðóïïû èññëäîâàòåëåé èç íîñãèõ ñòðàí. Ïðè ýòî ì ýêñïåðèìåíòû ïî îáíàðóæåíèþ íîâîãî âçàèìîäåéñòâèÿ âåëèñü è ïðîäîëæàþò âåñòèñü ïî íåñêîëüêèì íàïðàâëåíèÿì.

Óêàæåì íà íåêîòîðûå èç íèõ.

Ïåðâîå íàïðàâëåíèå ïîèñêà – ýòî ïîïûòêè îáíàðóæåíèÿ âçàèìîäåéñòâèÿ ïóòåì ðåãèñòðàöèè ÷àñòèö (àðèîíà, àêñèîíà, ìàéîðàíà) êîñìè÷åñêîãî ïðîèñõîæäåíèÿ (ñì., íàïð.: [9, 10]). Â íàñòîÿùåå âðåìÿ â ÖÅÐÍ åçàâåðøàòñÿ ïîäãîòîâêà íîâîãî ýêñïåðèìåíòà ïî îáíàðóæåíèþ ëåãêèõ àêñèîíîâ. Äëÿ ýòèõ öåëåé ïðåäïîëàãàåòñÿ ñîçäàíèå ñîëíå÷íîãî àêñèîíîâ òåëåñêîïà CAST (CERN Solar Axsion Telescope), ðàçðàáîòêà è èçãîòîâëåíèå êîòîðîãî îñóùåñòâëÿåòñÿ óñèëèÿìè ó÷åíûõ è ñïåöèàëèñòîâ ðÿäà ñòðàí [14].

Äðóãîå íàïðàâëåíèå ïîèñêà – ïîïûòêè çàðåãèñòðèðîâàòü ñòàòè÷åñêîå àêñèîííîå ïîëå, ñîçäàâàåìîå ôåððîìàãíåòèçìîì, êîòîðîå äîëæíî èíäóöèðîâàòü ïîñòÿííóþ íàìàãíè÷åííîñòü â ïàðàìàãíèòíûõ îáðàçöàõ, îòäåëåííûõ îò ýòîãî ôåððîìàãíåòèçìà ñïåöèàëüíûì ñâåðõïðîâîäÿùèì ýêðàíîì (ñì., íàïð.: [2, 3, 5, 6]).

Ê òðåòüåìó íàïðàâëåíèþ ïîèñêà ìîæíî îòíåñòè ýêñïåðèìåíòû, â êîòîðûõ ñòàâèòñÿ çàäà÷à îáíàðóæåíèÿ êîñìè÷åñêèõ èëè ñïëåíå÷íûâ âîñïîëüçîâàíèåì îïòè÷åñêîãî, êîòîðûå äîæäóòñÿ âîñïîëüçîâàíèåì (ñì., íàïð.: [12] è òàì ñàìû è çìåíÿòü ðàðàêòåð åãî êîëåáàíèé.

Åùå îäíî íàïðàâëåíèå ïîèñêà ïðåäñòàâëåíî â ðàáîòàõ [8, 15], â êîòîðûõ ïðääëîæåíû ýêñïåðèìåíòû ïî ïîèñêó ëåãêèõ ãîëäñòîóíîâñêèõ ÷àñòèö ïóòåì èõ âîçáóæäåíèÿ (ãåíåðàöèè) çà ñ÷åò âîçäåéñòâèÿ íà ìèøåíü ìîùíûõ ëàçåðíûõ èì ïóëüñîâ.

Áîëåå ïîäðîáíóþ èíôîðìàöèþ îñîâðåìåíîì ñîñòîÿíèè ïðîáëåìû îáíàðóæåíèÿ äàëüíîäåéñòâèÿ, ïåðåíîñèìîãî óêàçàííûì èçáçìàññîâûì è èëè ïî÷èò áåçìàññîâûì è (ïñåâäî) ñêàëÿðíûì è ÷àñòèöàì, ìîæíî íàéòè íà ñàéòå ÖÅÐÍ à (http://axnd02.cern.ch/CACT).

Íàêîíåö, â ðàáîòàõ [6, 7] áûëè ïðåäëîæåíû ëàáîðàòîðíûå ýêñïåðèìåíòû ïî íàáëþäåíèþ ìàêðîñêîïè÷åñêèõ ïðîÿâëåíèé íîâîé äàëüíîäåéñòâóþùåé ñèëû ìåòîäîì ãðàâèòàöèè è äåòåêòîðîâàíèÿ äèàì è÷åñêîãî ïîëÿ (ïñåâäî) ñêàëÿðíûõ ãîëäñòîóíîâñêèõ áîçîíîâ (àðèîíà, àêñèîíà, ìàéîðàíà). Òàê, ñóöè ýêñïåðèìåíòà, ïðääëîæåíîãî â [6], êðàòêî ñâîäèòñÿ ê ñëäóþùåìó.

Êîñìîñòàíöèÿ ñïèíîâàÿ âîëíà, âîçáóæäàåìàÿ ñ ïîìîùüþ ÑÂ× íàêà÷êè â ïîìåùåíîì â âîëíîâîä ôðîìàãíåòèêå, ãåíåðèðóåò êîñìîñòàíöèîííîå ïîëå.

Àêñèîííàÿ âîëíà, è ìåþùàÿ óçêóþ äèàãðàììó íàïðàâëåííîñòè, áåñïðåïÿòñòâåííî ïðîõîäèò ÷åðåç ñòåíêè âîëíîâîäà, à òàêæå ñäâðõïðîâîäÿùèé ýêðàí, ïîãëîùàþùèé ÑÂ× ôîòîíû. Ýòà àêñèîííàÿ âîëíà ïîïàäàåò â íàõîäÿùèéñÿ ïîáëèçîñòè âòîðîé âîëíîâîä (èëè ðåçîíàòîð), â êîòîðûé äîæäåí áûòü ïîìåùåí íàìàãíèñ÷åííûé ôåððîìàãíåòèê.

Ýòà âîëíà äîëæíà âîçáóæäàòü â ôåððîìàãíåòèêå êîãåðåíòíóþ ñïèíîâóþ âîëíó, ÷òî äîëæíî ïðèâåñòè ê ïîÿâëåíèþ â âîëíîâîäå ñâÿçàííîé ñî ñïèíàìè ñèìáîëè ýëåêòðîìàãíèòíîé âîëíû, êîòîðàÿ äîëæíà áûòü çàðåãèñòðèðîâàíà âûñîêî÷óâñòâèòåëüíûì ïðèåìíèêîì.

Â ðàáîòå [7] â êà÷åñòâå äåòåêòîðà èñêîìûõ (ïñåâäî) ñêàëÿðíûõ ÷àñòèö ðåëèêòîâûõ àêñèîííî êëè â ýêñïåðèìåíòå òèïà ïðääñòàâëåííãî â [6] ïðåäëîæåíî èñïîëüçîâàòü àíòèôåððîìàãíåòèêè ñ àíèçîòðîïèåé òèïà «ëåãêàÿ ïëîñêîñòü».

Äëÿ ýòèõ àíòèôåððîìàãíèòíûõ ëðèñòàëëîâ äîëæåí íàáëþäàòüñÿ ýôôåêò óñèëåíèÿ ñèãíàëà, äåòåêòèðóåìîãî îò èñòî÷íèêà èñêîìûõ ÷àñòèö, êîòîðûé ïðîïîðöèîíàëåí îòíîøåíèþ ïîëÿ Äçÿëîøèíñêîãî êâíòîâîãî íàáëþäàòåëÿ íà íàìàãíèòíóþ ïîëÿ: H_D/H. ×òî êàñàåòñÿ ãåíåðàòîðà èñêîìûõ ÷àñòèö, òî äâòîðûõ ñ÷èòàþò [7], ÷òî â íåì ïðåäïîñ÷èòàåòñÿ íåïîñðåäñòâåííàÿ èñïîëüçîâàòü ôåððîìàãíåòèê.

Ïðåäñòàâëÿåòñÿ âàæíûì îòìåòèòü, ÷òî äâòîðûõ íàñòîÿùåé ñòàòüè â ñâîèõ ýêñïåðèìåíòàõ ïî âîçáóæäåíèþ è äàòåêòèðîâàíèþ (ïñâääî) ñêàëÿðíûõ ÷àñòèö èñïîëüçîâàëè êðèñòàëëû $CoCO_3$. Îíè ïðääñòàâëÿþò ñîáîé àíòèôåððîìàãíåòèêè ñî ñëàáûì ôåððîìàãíåòèçìîì òèïà «ëåãêàÿ ïëîñêîñòü», ò.å. è ìåíîì òà, êîòîðûå ïðääëàãàëèñü â [7] â êà÷åñòâå ìàòåðèàëà äëÿ äåòåêòîðà èñêîìûõ ÷àñòèö – ïðåäåíñ÷èêîâ âçàèìîäåéñòâèÿ. ×òî êàñàåòñÿ ãåíåðàòîðà äåòåêòîðà èñêîìûõ (ïñâääî) ñêàëÿðíûõ áîçîíîâ, òî äâòîðûõ èñïîëüçîâàëè äëÿ íåãî êâê ôåððîìàãíåòèêè Ka_2CuF_4, òàê è àíòèôåððîìàãíåòèêè $CoCO_3$, íåîáõîäèìàÿ èíôîðìàöèÿ î ñâîéñòâàõ êîòîðûõ ïðèâîäèòñÿ íèæå.

Íàñòîÿùàÿ ñòàòüÿ ïîñâÿùåíà îïèñàíèþ ýêñïåðèìåíòîâ ïî äàòàìåòðè÷åñêîìó âîçáóæäåíèþ áåçìàññîâîãî (ïñâääî) ñêàëÿðíîãî ïîëÿ â ïåðääàþùåé ñèñòåìå ñ ïîìîùüþ ìåòîäà ÑÂ× íàêà÷êè â àíòèôåððîìàãíåòèêå $CoCO_3$ èëè ôåððîìàãíåòèêå Ka_2CuF_4 è äåòåêòèðîâàíèþ ýòîãî ïîëÿ â àíòèôåððîìàãíåòèêå $CoCO_3$ ïðèâîäèò ñèñòåìû ñ ïîìîùüþ ìåòîäà íåóïðóãîãî ðàññåÿíèÿ ñâåòà Ì àíäåëüøòàìà–Áðèëëþýíà.

2. Ìåòîäèêà ýêñïåðèìåíòà è îáðàçöû

Ñóòü ýêñïåðèìåíòà, âûïîëíåííãî â Èíñòèòóòå ôèçè÷åñêèõ ïðîáëåì è.Ì. Êàïèöû ÐÀÍ, ïî íàáëþäåíèþ ìàêðîñêîïè÷åñêîãî ïðîÿâëåíèÿ è îïðääåëåíèþ êîíñòàíòû ñèëè-ñïèíîâîãî äàäèîñòàòà è äàëüíîäåñòàíöèè âçàèìîäåéñòâèÿ ê ñëåäóþùåìó.

Â îïðääëåíåííì ñì ûñëå äàíííûé ýêñïåðèìåíò ïîâòîðÿåò ñîáîé îïûò Ã. Ãåðöà ïî âîçáóæäåíèþ è äàòåêòèðîâàíèþ ýëåêòðîìàãíèòíûõ êîëåáàíèé (1886–1887), ÷òî ìîæíî ïðîíàáëþäàòü â óïðîùåííîé áëîê-ñõåìå (ðèñ. 1).

Â äàííîé ðàáîòå èññëääîâàëàñü îáíà èç âîçìîæíûõ ñõåì ðàñïîëîæåíèÿ îáðàçöîâ (ðèñ. 2). Âîëíîâîä ïîìåùàëñÿ âíóòðè ñâåðõïðîâîäÿùåãî (ÑÏ) ñïëåíîäà, íàõîäÿùåãîñÿ â ìàòàëëè÷åñêîì äåëèòåëå, âîçáóæäàëèñü ôåððî- (àíòèôåððî-) ìàãíèòíûå ðåçîíàíñû. Ýòî ïðèâîäèëî ê âîçáóæäåíèþ êîãåðåíòíûõ (ïñâääî) ñêàëÿðíûõ ëåãêèõ äîçîâ. Ýòè ïðèâîäèëè ê âîçáóæäåíèþ êîãåðåíòíûõ (ïñâääî) ñêàëÿðíûõ ëåãêèõ äîçîâ è îáû÷íûå ýëåêòðîìàãíèòíûå ïåðääàþùåãî è ïðèíèìàþùåãî êàíàëîâ è âîçáóæäàëè â êðèñòàëëå $CoCO_3$, òàêæå íàõîäÿùåìñÿ íà äíå çàêîðî÷åííãî âîëíîâîäà âíóòðè ÑÏ ñîëåíîèäà ïðèìíîé ñèñòàìû, êîãåðåíòíûõ (íåòåãåðåíòíûõ) ñïèíîâûõ âîëíîâîäà.

2.1. Îïèñàíèå ïåðääàþùåãî è ïðèíèìàþùåãî êàíàëîâ

Îïèøåì îñíîâíûå òåõíè÷åñêèå õàðàêòåðèñòèêè ïåðääàþùåãî è ïðèíèìàþùåãî êàíàëîâ ýêñïåðèìåíòàëüíîé óñòàíîâêè ïî íàáëþäåíèþ ìàêðîñêîïè÷åñêîõ ïðîÿâëåíèé íîâé äàëüíîäåéñòâóþùåé ñèëû è ïîðääëåíèþ êîíñòàíòû ýòîãî êâàèìîëåêóëÿðíîãî êðèñòàëëà ñ ïîìîùüþ ìåòîäà íåóïðóãîãî ðàññåÿíèÿ ñâåòà Ì àíäåëüøòàìà–Áðèëëþýíà.

2.1. Îïèñàíèå ïåðääàþùåãî è ïðèíèìàþùåãî êàíàëîâ

Îïèøåì îñíîâíûå òåõíè÷åñêèå õàðàêòåðèñòèêè ïåðääàþùåãî è ïðèíèìàþùåãî êàíàëîâ ýêñïåðèìåíòàëüíîé óñòàíîâêè ïî íàáëþäåíèþ ìàêðîñêîïè÷åñêîõ ïðîÿâëåíèé íîâé äàëüíîäåéñòâóþùåé ñèëû è ïîðääëåíèþ êîíñòàíòû (ìàãíîíàì è) è êîëåáàíèÿì è íàìàãíè÷åííîñòè (ìàãíîíàì è) ýòîãî êðèñòàëëà ñ ïîìîùüþ ìåòîäà íåóïðóãîãî ðàññåÿíèÿ ñâåòà Ì àíäåëüøòàìà–Áðèëëþýíà.

2.1. Îïèñàíèå ïåðääàþùåãî è ïðèíèìàþùåãî êàíàëîâ

Îïèøåì îñíîâíûå òåõíè÷åñêèå õàðàêòåðèñòèêè ïåðääàþùåãî è ïðèíèìàþùåãî êàíàëîâ ýêñïåðèìåíòàëüíîé óñòàíîâêè ïî íàáëþäåíèþ ìàêðîñêîïè÷åñêîõ ïðîÿâëåíèé íîâé äàëüíîäåéñòâóþùåé ñèëû è ïîðääëåíèþ êîíñòàíòû (ìàãíîíàì è) è êîëåáàíèÿì è íàìàãíè÷åííîñòè (ìàãíîíàì è) è êîëåáàíèÿì è íàìàãíè÷åííîñòè (ìàãíîíàì è) ýòîãî êðèñòàëëà ñ ïîìîùüþ ìåòîäà íåóïðóãîãî ðàññåÿíèÿ ñâåòà Ì àíäåëüøòàìà–Áðèëëþýíà.

2.1. Îïèñàíèå ïåðääàþùåãî è ïðèíèìàþùåãî êàíàëîâ

Îïèøåì îñíîâíûå òåõíè÷åñêèå õàðàêòåðèñòèêè ïåðääàþùåãî è ïðèíèìàþùåãî êàíàëîâ ýêñïåðèìåíòàëüíîé óñòàíîâêè ïî íàáëþäåíèþ ìàêðîñêîïè÷åñêîõ ïðîÿâëåíèé íîâé äàëüíîäåéñòâóþùåé ñèëû è ïîðääëåíèþ êîíñòàíòû (ìàãíîíàì è) è êîëåáàíèÿì è íàìàãíè÷åííîñòè (ìàãíîíàì è) è êîëåáàíèÿì è íàìàãíè÷åííîñòè (ìàãíîíàì è) ýòîãî êðèñòàëëà ñ ïîìîùüþ ìåòîäà íåóïðóãîãî ðàññåÿíèÿ ñâåòà Ì àíäåëüøòàìà–Áðèëëþýíà.

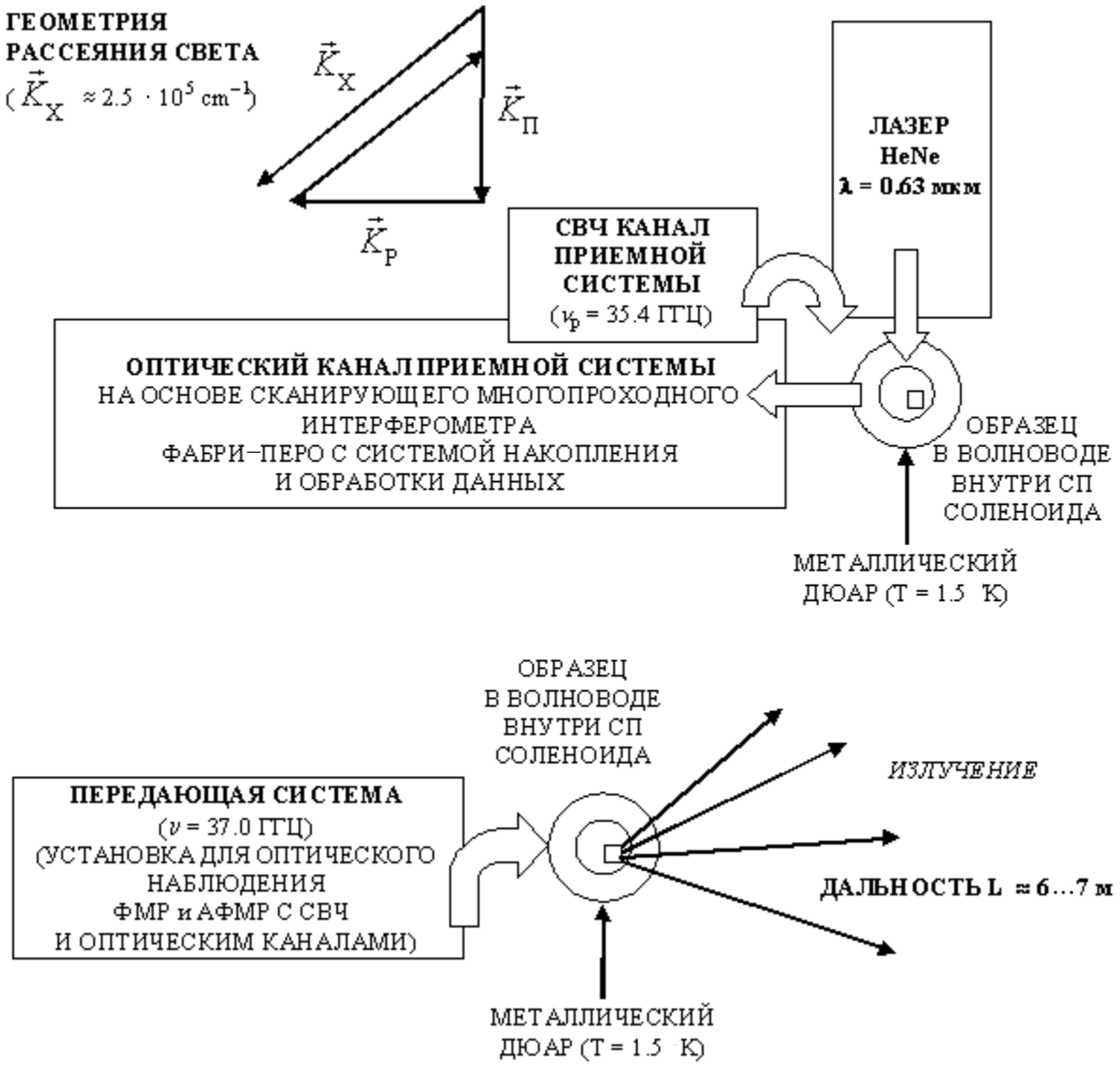

Рис. 1. Блок-схема эксперимента по наблюдению спин-спинового дальнодействия

10 ìÂò. Â ðåçîíàíñå îáðàçöû ïîãëîùàëè ïðèáëèçèòåëüíî ïîëîâèíó ïîñòóïàþùåé âîëíîâîä ÑÂ× ìîùíîñòè, ò.å. 3–5 ìÂò. Êîíòðîëü ÑÂ× ìîùíîñòè, ïîñòóïàþùåé â âîëíîâîä, îñóùåñòâëÿëñÿ ñ ïîìîùüþ èçìåðèòåëÿ ìîùíîñòè, âêëþ÷åííîãî âî âòîðîå ïëå÷î êàëèáðîâàííîãî íàïðàâëåííîãî îòâåòâèòåëÿ.

Âîëíîâîä (âíóòðåííåå ñå÷åíèå 7.2 × 3.4 ìì^2) ñîáðàçöîì ïîìåùàëñÿ âíóòðü ñîåðõïðîâîäÿùåãî ñîëåíîèäà. Ýòîò ñîëåíîèä ïîìåùàëñÿ âíóòðü ìåòàëëè÷åñêîãî êðèîñòàòà, êîòîðûé îõëàæäàëñÿ äî òåìïåðàòóðû ñâåðõòåêó÷åãî He^4 (T =1.5...2.0 K).

Ïðèíöèïèàëüíàÿ êàíäó óñòàíîâêè ïðåäñòàâëÿë ñîáîé óñòàíîâêó ïî íàáëþäåíèþ ðàññåÿíèÿ ñâåòà Ìàíäåëüøòàìà–Áðèëëþýíà íà òàïëîâûõ (íåêîãåðåíòíûõ) è ïàðàìåòðè÷åñêè âîçáóæäåííûõ (êîãåðåíòíûõ) ñïèíîâûõ âîëíàõ è ôîíîíàõ â ôåððî- è àíòèôåððîìàãíåòèêàõ. Ýòà óñòàíîâêà ïîãðîáîí îïèñàíà â ðàáîòàõ [16, 18–20].

Ïðèâåäåì âàæíåéøèå ïàðàìåòðû îïòè÷åñêîé è ÑÂ× ïîäñèñòåì ïðèíèìàþùåãî êàíäëà. Íà÷íåì îïèñàíèå ñ îïòè÷åñêîé ïîäñèñòåìû (ðèñ. 4).

Ýêñïåðèìåíòû ïî ðàññåÿíèþ ñâåòà ïðîâîäèëèñü â îáðàçöàõ $CoCO_3$ ïðè äâóõ êîíôèãóðàöèÿõ ðàññåÿíèÿ:

à) ïðè «ðàññåÿíèè âïåðåä»: èñïëåäîâàëñÿ ñïåêòðàëüíûé ñîñòàâ ëàçåðíîãî èçëó÷åíèÿ, ïðîøåäøåãî ÷åðåç èñïëåäóåìûé îáðàçåö $CoCO_3$, â êîòîðîì âîçáóæäàëñÿ àíòèôåððîìàãíèòíûé ðåçîíàíñ;

á) ðàññåÿíèè ñâåòà ïîä óãëîì 90° (èñïëåäîâàëñÿ ñïåêòðàëüíûé ñîñòàâ ñâåòà, ðàññåÿííîãî â îáðàçöå). Ïðè äëèíå âîëíû ïàäàþùåãî ñâåòà λ = 632.8 íì â äèíîíé ãåî ìåòðèè îïûòà ïîëó÷åìì åâëè÷èíóâîëíîãî âåêòîðà ðàññåèâàþùåé êâàçè÷àñòèöû $|\vec{q}_j| \approx 2.5 \cdot 10^5$ ñì$^{-1}$.

Ñïåêòðàëüíûé ñîñòàâ ðàññåÿííîãî ñâåòà èñïëåäîâàëñÿ ñ ïîìîùüþ âûñîêîêîíòðàñòíîãî (êîíòðàñòíîñüíå õóæå 10^8) òðåõïðîõîäíîãî ñêàíèðóþùåãî èíòåðôåðîìåòðà Ôàáðè–Ïåðî ôèðìû «Burleigh» (ÑØÀ). Ñêà-

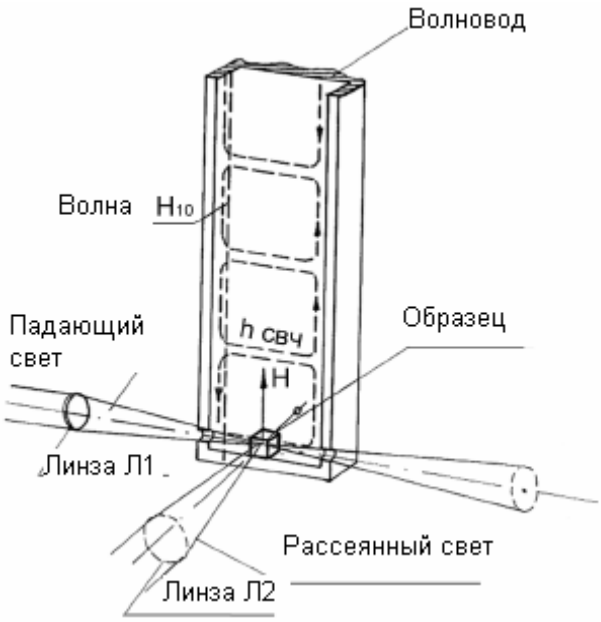

Рис. 2. Одна из возможных схем расположения исследуемых образцов $CoCO_3$ относительно постоянного **Í** и переменного $h_{ñâ÷}$ магнитных полей [16]

íèðîâàíèå â íåì îñóùåñòâëÿëîñü ñ ïîìîùüþ ïüåçîêðàìèêè ïîäà÷åé íà íåå ïèëîîáðàçíîãî íàïðÿæåíèÿ. Óïðàâëåíèå èíòåðôåðîìåòðîì è åãî àâòîìàòè÷åñêàÿ þñòèðîâêà ïðîèçâîäèëèñü ñ ïîìîùüþ àâòîìàòèçèðîâàííîé ñèñòåìû ñáîðà è îáðàáîòêè ïîòè÷åñêõ ñèãíàëîâ èíòåðôåðîìåòðà DAS-1 ýòîé æå ôèðìû.

Èñòî÷íèêàìè ñâåòà âî âñåõ ýêñïåðèìåíòàõ ñëóæèëè äâà ãàëèé-íåîíîâûõ èçãîòà ñ äëèíîé âîëíû λ=632.8 íì. Ïåðâûé èçãîòîâèòåëü 10 ìÂò èñïîëüçîâàëñÿ â êîíôèãóðàöèè (à), âòîðîé èçãîòîâèòåëü 50 ìÂò èñïîëüçîâàëñÿ â êîíôèãóðàöèè (á).

Ïðîøåäøèé ÷åðåç îáðàçåö ñâåò (èëè ðàññåÿííûé â îáðàçöå ïîä óãëîì 90° ê ïàäàþùåìó ëó÷ó) ñîáèðàëñÿ ëèíçîé $Ë_2$ è ôîêóñèðîâàëñÿ íà äèàôðàãìó $Ä_2$ (∅ ~ 1 ìì), ðàñïîëîæåííóþ â ôîêóñå êîëëèìàòîðà K_1 (f = 400 ìì). Ïàðàëëåëüíûé ïó÷îê ñâåòà, âûøåäøèé èç ýòîé ñèñòåìû, ïîïàäàë â èíòåðôåðîìåòð, à íà âûõîäå èç íåãî ôîêóñèðîâàëñÿ êîëëèìàòîðîì K_2 (f = 250 ìì) íà äèàôðàãìó $Ä_3$ (∅~1 ìì) è äàëåå ÷åðåç ëèíçó $Ë_3$ ïîïàäàë â ôîòîïðèåìíèê – îõëàæäàåìûé îîòîýëåêòðîííûé óìíæèòåëü (ÔÝÓ). Òåìíîâîé òîê ÔÝÓ áûë ≤ 1 èì ï./ñ. Ñèãíàë ñ ÔÝÓ ÷åðåç ïðåäóñèëèòåëü (ÏÓ) è óñèëèòåëü – àì ïëèòóäíûé äèñêðè-

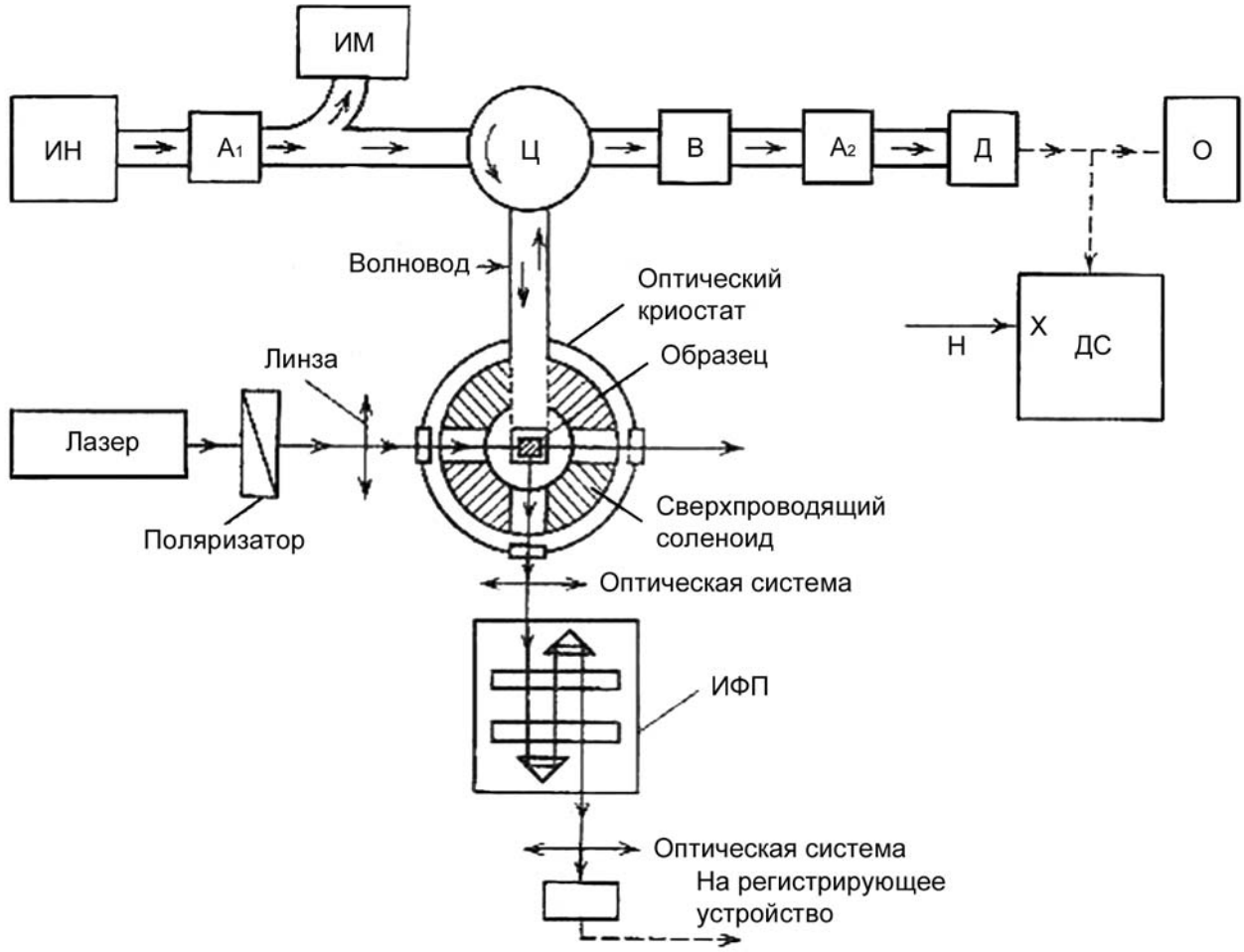

Рис. 3. Схема экспериментальной установки для наблюдения рассеяния света при подаче на образец СВЧ мощности: ИФП – интерферометр Фабри–Перо; ИН – источник СВЧ накачки; $А_1$, $А_2$ – аттенюаторы; ИМ – измеритель СВЧ мощности; Ц – циркулятор; В – волномер; Д – детектор; О – осциллограф; ДС – двухкоординатный самописец

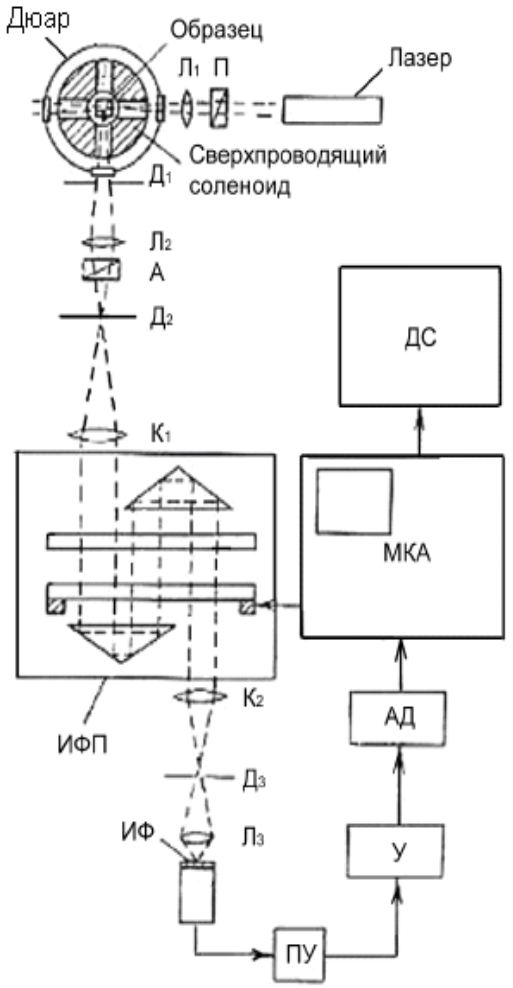

Рис. 4. Экспериментальная установка для наблюдения рассеяния света под углом 90° к падающему лучу:
Л$_1$, Л$_2$, Л$_3$ – линзы; Д$_1$, Д$_2$, Д$_3$ – диафрагмы; П – поляризатор; А – анализатор; К$_1$, К$_2$ – коллимационные системы; ИФП – интерферометр Фабри–Перо; ИФ – интерференционный фильтр; ПУ – предусилитель; У – усилитель; АД – амплитудный дискриминатор; ДС – двухкоординатный самописец

ìèíàòîð (Ó + ÀÄ) ïîäàâàëñÿ íà âõîä àíàëèçàòîðà ñïåêòðà, íàõîäÿùåãîñÿ â ñèñòåìå DAS-1. Àíàëèçàòîð áûë ñèíõðîíèçîâàí ÷àñòîòîé ñêàíèðîâàíèÿ èíòåðôåðîìåòðà. Íàêîïëåííûé â DAS-1 ñïåêòð ëèáî ðåãèñòðîâàëñÿ íà äâóõêîîðäèíàòíîì ñàìîïèñöå, ëèáî ïàðàìåòðû ïîëó÷åííîãî ñïåêòðà (ïîëîæåíèå è èíòåíñèâíîñòü ëèíèé) ñ÷èòûâàëèñü ñ äèñïëåÿ DAS-1. Ïîãðåøíîñòü îïðåäåëåíèÿ ÷àñòîòû â ñïåêòðå ðàññåÿííîãî ñâåòà ñîñòàâëÿëà 0.2 ÃÃö.

Êàê óæå îòìå÷àëîñü, ÑÂ× ïîäñèñòåìà ïðèåìíîãî êàíàëà ïðåäñòàâëÿëà ñîáîé ÑÂ× ñïåêòðîìåòð, èäåíòè÷íûé ÑÂ× ñïåêòðîìåòðó ïðåäàþùåãî êàíàëà (ðèñ. 3). Åäèíñòâåííîå îòëè÷èå îò ïðåäàþùåãî êàíàëà ñîñòîÿëî â òîì, ÷òî çäåñü â êà÷åñòâå èñòî÷íèêà ÑÂ× íàêà÷êè èñïîëüçîâàí ìàãíåòðîí, êîòîðûé èçëó÷àë íà ôèêñèðîâàííîé ÷àñòîòå $\frac{\omega}{2\pi}$ = 35.4 ÃÃö, â íåïðåðûâíîì

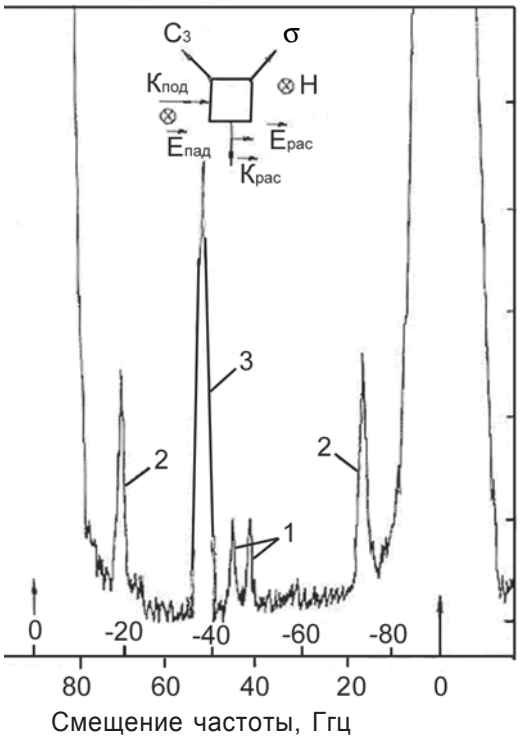

Рис. 5. Спектральный состав света, рассеянного в кристалле $CoCO_3$ приемника в условиях возбуждения АФМР в кристалле $CoCO_3$ передатчика. Частота излучения генератора приемника ν_p = 35.4 ГГц.
1 – тепловые магноны; 2 – параметрически возбужденные фононы; 3 – магноны, возбужденные излучением передатчика

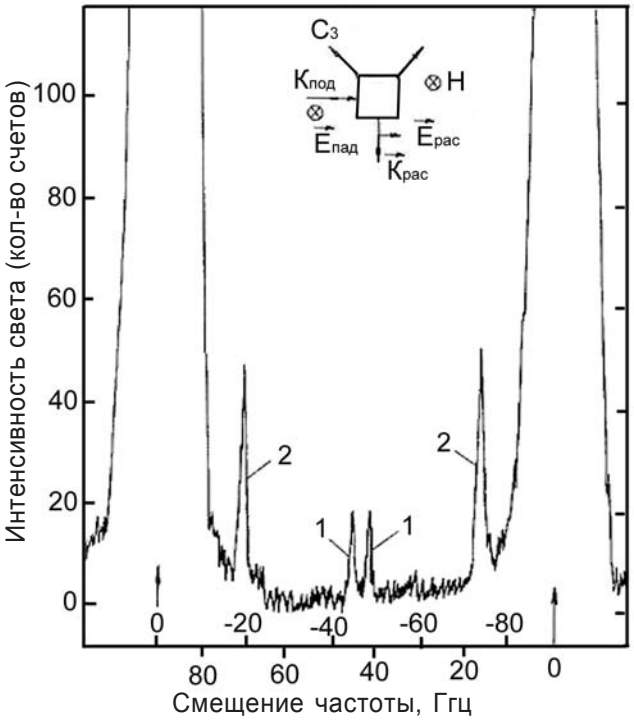

Рис. 6. Спектральный состав света, рассеянного в кристалле $CoCO_3$ приемника. Передатчик выключен [20].
1 – тепловые магноны; 2 – параметрические возбужденные фононы; ν_p = 35.4 ГГц