



PUBLISHED FOR SISSA BY SPRINGER

RECEIVED: January 28, 2020

ACCEPTED: January 29, 2020

PUBLISHED: February 14, 2020

# Erratum: Study of $\Upsilon$ production in $p\text{Pb}$ collisions at $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 8.16$ TeV



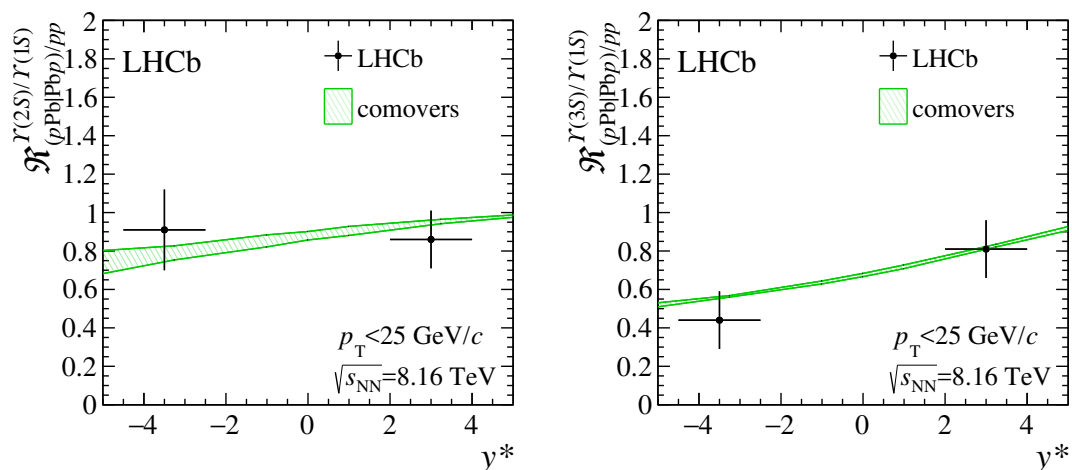
## The LHCb collaboration

E-mail: [shanzhen.chen@cern.ch](mailto:shanzhen.chen@cern.ch)

ERRATUM TO: [JHEP11\(2018\)194](#)

ARXIV EPRINT: [1810.07655](https://arxiv.org/abs/1810.07655)

In figure 11 of the original paper [1] the LHCb data points for  $\mathfrak{R}_{\text{Pb}p/pp}^{\Upsilon(2S)/\Upsilon(1S)}$  and  $\mathfrak{R}_{p\text{Pb}/pp}^{\Upsilon(3S)/\Upsilon(1S)}$  ratios were erroneously swapped. The values given in the text are correct. The corrected figure 11 is shown below. We also provide more digits in table 3 to ease calculations.



**Figure 11.** Double ratios for (left)  $\Upsilon(2S)$  and (right)  $\Upsilon(3S)$ . The bands correspond to the theoretical prediction for the comovers model as reported in the text.

	Sample	$R(\Upsilon(2S))$	$R(\Upsilon(3S))$
	$pp$ $2.0 < y^* < 4.0$	$0.328 \pm 0.004$	$0.137 \pm 0.002$
	$pp$ $-4.5 < y^* < -2.5$	$0.325 \pm 0.004$	$0.137 \pm 0.002$
	$pPb$ $2.0 < y^* < 4.0$	$0.282 \pm 0.049$	$0.111 \pm 0.021$
	$PbP$ $-4.5 < y^* < -2.5$	$0.296 \pm 0.070$	$0.060 \pm 0.016$

**Table 3.** Ratio  $R(nS)$  in  $pp$ ,  $pPb$ , and  $PbP$  samples. The uncertainties are combinations of statistical and systematical components.

**Open Access.** This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License ([CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)), which permits any use, distribution and reproduction in any medium, provided the original author(s) and source are credited.

## References

- [1] LHCb collaboration, *Study of  $\Upsilon$  production in  $pPb$  collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 8.16$  TeV*, *JHEP* **11** (2018) 194 [[arXiv:1810.07655](https://arxiv.org/abs/1810.07655)] [[INSPIRE](https://inspirehep.net/literature/1810076)]

## The LHCb collaboration

R. Aaij<sup>28</sup>, C. Abellán Beteta<sup>45</sup>, B. Adeva<sup>42</sup>, M. Adinolfi<sup>49</sup>, C.A. Aidala<sup>76</sup>, Z. Ajaltouni<sup>6</sup>, S. Akar<sup>60</sup>, P. Albicocco<sup>19</sup>, J. Albrecht<sup>11</sup>, F. Alessio<sup>43</sup>, M. Alexander<sup>54</sup>, A. Alfonso Alberio<sup>41</sup>, G. Alkhazov<sup>34</sup>, P. Alvarez Cartelle<sup>56</sup>, A.A. Alves Jr<sup>42</sup>, S. Amato<sup>2</sup>, S. Amerio<sup>24</sup>, Y. Amhis<sup>8</sup>, L. An<sup>3</sup>, L. Anderlini<sup>18</sup>, G. Andreassi<sup>44</sup>, M. Andreotti<sup>17</sup>, J.E. Andrews<sup>61</sup>, R.B. Appleby<sup>57</sup>, F. Archilli<sup>28</sup>, P. d'Argent<sup>13</sup>, J. Arnau Romeu<sup>7</sup>, A. Artamonov<sup>40</sup>, M. Artuso<sup>62</sup>, K. Arzymatov<sup>38</sup>, E. Aslanides<sup>7</sup>, M. Atzeni<sup>45</sup>, B. Audurier<sup>23</sup>, S. Bachmann<sup>13</sup>, J.J. Back<sup>51</sup>, S. Baker<sup>56</sup>, V. Balagura<sup>8,b</sup>, W. Baldini<sup>17</sup>, A. Baranov<sup>38</sup>, R.J. Barlow<sup>57</sup>, S. Barsuk<sup>8</sup>, W. Barter<sup>57</sup>, M. Bartolini<sup>20</sup>, F. Baryshnikov<sup>73</sup>, V. Batozskaya<sup>32</sup>, B. Batsukh<sup>62</sup>, A. Battig<sup>11</sup>, V. Battista<sup>44</sup>, A. Bay<sup>44</sup>, J. Beddow<sup>54</sup>, F. Bedeschi<sup>25</sup>, I. Bediaga<sup>1</sup>, A. Beiter<sup>62</sup>, L.J. Bel<sup>28</sup>, S. Belin<sup>23</sup>, N. Belyi<sup>65</sup>, V. Bellee<sup>44</sup>, N. Belloli<sup>21,i</sup>, K. Belous<sup>40</sup>, I. Belyaev<sup>35</sup>, E. Ben-Haim<sup>9</sup>, G. Bencivenni<sup>19</sup>, S. Benson<sup>28</sup>, S. Beranek<sup>10</sup>, A. Berezhnoy<sup>36</sup>, R. Bernet<sup>45</sup>, D. Berninghoff<sup>13</sup>, E. Bertholet<sup>9</sup>, A. Bertolin<sup>24</sup>, C. Betancourt<sup>45</sup>, F. Betti<sup>16,43</sup>, M.O. Bettler<sup>50</sup>, M. van Beuzekom<sup>28</sup>, Ia. Bezshyiko<sup>45</sup>, S. Bhasin<sup>49</sup>, J. Bhom<sup>30</sup>, S. Bifani<sup>48</sup>, P. Billoir<sup>9</sup>, A. Birnkraut<sup>11</sup>, A. Bizzeti<sup>18,u</sup>, M. Bjørn<sup>58</sup>, M.P. Blago<sup>43</sup>, T. Blake<sup>51</sup>, F. Blanc<sup>44</sup>, S. Blusk<sup>62</sup>, D. Bobulska<sup>54</sup>, V. Bocci<sup>27</sup>, O. Boente Garcia<sup>42</sup>, T. Boettcher<sup>59</sup>, A. Bondar<sup>39,w</sup>, N. Bondar<sup>34</sup>, S. Borghi<sup>57,43</sup>, M. Borisov<sup>38</sup>, M. Borsato<sup>42</sup>, F. Bossu<sup>8</sup>, M. Boubdir<sup>10</sup>, T.J.V. Bowcock<sup>55</sup>, C. Bozzi<sup>17,43</sup>, S. Braun<sup>13</sup>, M. Brodski<sup>43</sup>, J. Brodzicka<sup>30</sup>, A. Brossa Gonzalo<sup>51</sup>, D. Brundu<sup>23,43</sup>, E. Buchanan<sup>49</sup>, A. Buonauro<sup>45</sup>, C. Burr<sup>57</sup>, A. Bursche<sup>23</sup>, J. Buytaert<sup>43</sup>, W. Byczynski<sup>43</sup>, S. Cadet<sup>23</sup>, H. Cai<sup>67</sup>, R. Calabrese<sup>17,g</sup>, R. Calladine<sup>48</sup>, M. Calvi<sup>21,i</sup>, M. Calvo Gomez<sup>41,m</sup>, A. Camboni<sup>41,m</sup>, P. Campana<sup>19</sup>, D.H. Campora Perez<sup>43</sup>, L. Capriotti<sup>16</sup>, A. Carbone<sup>16,e</sup>, G. Carboni<sup>26</sup>, R. Cardinale<sup>20</sup>, A. Cardini<sup>23</sup>, P. Carniti<sup>21,i</sup>, L. Carson<sup>53</sup>, K. Carvalho Akiba<sup>2</sup>, G. Casse<sup>55</sup>, L. Cassina<sup>21</sup>, M. Cattaneo<sup>43</sup>, G. Cavallero<sup>20,h</sup>, R. Cenci<sup>25,p</sup>, D. Chamont<sup>8</sup>, M.G. Chapman<sup>49</sup>, M. Charles<sup>9</sup>, Ph. Charpentier<sup>43</sup>, G. Chatzikonstantinidis<sup>48</sup>, M. Chefdeville<sup>5</sup>, V. Chekalina<sup>38</sup>, C. Chen<sup>3</sup>, S. Chen<sup>23</sup>, S.-G. Chitic<sup>43</sup>, V. Chobanova<sup>42</sup>, M. Chruszcz<sup>43</sup>, A. Chubykin<sup>34</sup>, P. Ciambrone<sup>19</sup>, X. Cid Vidal<sup>42</sup>, G. Ciezarek<sup>43</sup>, P.E.L. Clarke<sup>53</sup>, M. Clemencic<sup>43</sup>, H.V. Cliff<sup>50</sup>, J. Closier<sup>43</sup>, V. Coco<sup>43</sup>, J.A.B. Coelho<sup>8</sup>, J. Cogan<sup>7</sup>, E. Cogneras<sup>6</sup>, L. Cojocariu<sup>33</sup>, P. Collins<sup>43</sup>, T. Colombo<sup>43</sup>, A. Comerma-Montells<sup>13</sup>, A. Contu<sup>23</sup>, G. Coombs<sup>43</sup>, S. Coquereau<sup>41</sup>, G. Corti<sup>43</sup>, M. Corvo<sup>17,g</sup>, C.M. Costa Sobral<sup>51</sup>, B. Couturier<sup>43</sup>, G.A. Cowan<sup>53</sup>, D.C. Craik<sup>59</sup>, A. Crocombe<sup>51</sup>, M. Cruz Torres<sup>1</sup>, R. Currie<sup>53</sup>, C. D'Ambrosio<sup>43</sup>, F. Da Cunha Marinho<sup>2</sup>, C.L. Da Silva<sup>77</sup>, E. Dall'Occo<sup>28</sup>, J. Dalseno<sup>49</sup>, A. Danilina<sup>35</sup>, A. Davis<sup>3</sup>, O. De Aguiar Francisco<sup>43</sup>, K. De Bruyn<sup>43</sup>, S. De Capua<sup>57</sup>, M. De Cian<sup>44</sup>, J.M. De Miranda<sup>1</sup>, L. De Paula<sup>2</sup>, M. De Serio<sup>15,d</sup>, P. De Simone<sup>19</sup>, C.T. Dean<sup>54</sup>, D. Decamp<sup>5</sup>, L. Del Buono<sup>9</sup>, B. Delaney<sup>50</sup>, H.-P. Dembinski<sup>12</sup>, M. Demmer<sup>11</sup>, A. Dendek<sup>31</sup>, D. Derkach<sup>38</sup>, O. Deschamps<sup>6</sup>, F. Desse<sup>8</sup>, F. Dettori<sup>55</sup>, B. Dey<sup>68</sup>, A. Di Canto<sup>43</sup>, P. Di Nezza<sup>19</sup>, S. Didenko<sup>73</sup>, H. Dijkstra<sup>43</sup>, F. Dordei<sup>43</sup>, M. Dorigo<sup>43,y</sup>, A. Dosil Suárez<sup>42</sup>, L. Douglas<sup>54</sup>, A. Dovbnya<sup>46</sup>, K. Dreimanis<sup>55</sup>, L. Dufour<sup>28</sup>, G. Dujany<sup>9</sup>, P. Durante<sup>43</sup>, J.M. Durham<sup>77</sup>, D. Dutta<sup>57</sup>, R. Dzhelyadin<sup>40</sup>, M. Dziewiecki<sup>13</sup>, A. Dziurda<sup>30</sup>, A. Dzyuba<sup>34</sup>, S. Easo<sup>52</sup>, U. Egede<sup>56</sup>, V. Egorychev<sup>35</sup>, S. Eidelman<sup>39,w</sup>, S. Eisenhardt<sup>53</sup>, U. Eitschberger<sup>11</sup>, R. Ekelhof<sup>11</sup>, L. Eklund<sup>54</sup>, S. Ely<sup>62</sup>, A. Ene<sup>33</sup>, S. Escher<sup>10</sup>, S. Esen<sup>28</sup>, T. Evans<sup>60</sup>, A. Falabella<sup>16</sup>, N. Farley<sup>48</sup>, S. Farry<sup>55</sup>, D. Fazzini<sup>21,43,i</sup>, L. Federici<sup>26</sup>, P. Fernandez Declara<sup>43</sup>, A. Fernandez Prieto<sup>42</sup>, F. Ferrari<sup>16</sup>, L. Ferreira Lopes<sup>44</sup>, F. Ferreira Rodrigues<sup>2</sup>, M. Ferro-Luzzi<sup>43</sup>, S. Filippov<sup>37</sup>, R.A. Fini<sup>15</sup>, M. Fiorini<sup>17,g</sup>, M. Firlej<sup>31</sup>, C. Fitzpatrick<sup>44</sup>, T. Fiutowski<sup>31</sup>, F. Fleuret<sup>8,b</sup>, M. Fontana<sup>43</sup>, F. Fontanelli<sup>20,h</sup>, R. Forty<sup>43</sup>, V. Franco Lima<sup>55</sup>, M. Frank<sup>43</sup>, C. Frei<sup>43</sup>, J. Fu<sup>22,q</sup>, W. Funk<sup>43</sup>, C. Färber<sup>43</sup>, M. Féo Pereira Rivello Carvalho<sup>28</sup>, E. Gabriel<sup>53</sup>, A. Gallas Torreira<sup>42</sup>, D. Galli<sup>16,e</sup>, S. Gallorini<sup>24</sup>, S. Gambetta<sup>53</sup>, Y. Gan<sup>3</sup>, M. Gandelman<sup>2</sup>, P. Gandini<sup>22</sup>, Y. Gao<sup>3</sup>, L.M. Garcia Martin<sup>75</sup>, B. Garcia Plana<sup>42</sup>, J. García Pardiñas<sup>45</sup>, J. Garra Tico<sup>50</sup>, L. Garrido<sup>41</sup>, D. Gascon<sup>41</sup>, C. Gaspar<sup>43</sup>, L. Gavardi<sup>11</sup>, G. Gazzoni<sup>6</sup>, D. Gerick<sup>13</sup>,

E. Gersabeck<sup>57</sup>, M. Gersabeck<sup>57</sup>, T. Gershon<sup>51</sup>, D. Gerstel<sup>7</sup>, Ph. Ghez<sup>5</sup>, V. Gibson<sup>50</sup>,  
 O.G. Girard<sup>44</sup>, P. Gironella Gironell<sup>41</sup>, L. Giubega<sup>33</sup>, K. Gizdov<sup>53</sup>, V.V. Gligorov<sup>9</sup>,  
 D. Golubkov<sup>35</sup>, A. Golutvin<sup>56,73</sup>, A. Gomes<sup>1,a</sup>, I.V. Gorelov<sup>36</sup>, C. Gotti<sup>21,i</sup>, E. Govorkova<sup>28</sup>,  
 J.P. Grabowski<sup>13</sup>, R. Graciani Diaz<sup>41</sup>, L.A. Granado Cardoso<sup>43</sup>, E. Graugés<sup>41</sup>, E. Graverini<sup>45</sup>,  
 G. Graziani<sup>18</sup>, A. Grecu<sup>33</sup>, R. Greim<sup>28</sup>, P. Griffith<sup>23</sup>, L. Grillo<sup>57</sup>, L. Gruber<sup>43</sup>,  
 B.R. Gruberg Cazon<sup>58</sup>, O. Grünberg<sup>70</sup>, C. Gu<sup>3</sup>, E. Gushchin<sup>37</sup>, A. Guth<sup>10</sup>, Yu. Guz<sup>40,43</sup>,  
 T. Gys<sup>43</sup>, C. Göbel<sup>64</sup>, T. Hadavizadeh<sup>58</sup>, C. Hadjivasiliou<sup>6</sup>, G. Haefeli<sup>44</sup>, C. Haen<sup>43</sup>,  
 S.C. Haines<sup>50</sup>, B. Hamilton<sup>61</sup>, X. Han<sup>13</sup>, T.H. Hancock<sup>58</sup>, S. Hansmann-Menzemer<sup>13</sup>,  
 N. Harnew<sup>58</sup>, S.T. Harnew<sup>49</sup>, T. Harrison<sup>55</sup>, C. Hasse<sup>43</sup>, M. Hatch<sup>43</sup>, J. He<sup>65</sup>, M. Hecker<sup>56</sup>,  
 K. Heinicke<sup>11</sup>, A. Heister<sup>11</sup>, K. Hennessy<sup>55</sup>, L. Henry<sup>75</sup>, E. van Herwijnen<sup>43</sup>, J. Heuel<sup>10</sup>, M. Heß<sup>70</sup>,  
 A. Hicheur<sup>63</sup>, R. Hidalgo Charman<sup>57</sup>, D. Hill<sup>58</sup>, M. Hilton<sup>57</sup>, P.H. Hopchev<sup>44</sup>, J. Hu<sup>13</sup>, W. Hu<sup>68</sup>,  
 W. Huang<sup>65</sup>, Z.C. Huard<sup>60</sup>, W. Hulsbergen<sup>28</sup>, T. Humair<sup>56</sup>, M. Hushchyn<sup>38</sup>, D. Hutchcroft<sup>55</sup>,  
 D. Hynds<sup>28</sup>, P. Ibis<sup>11</sup>, M. Idzik<sup>31</sup>, P. Ilten<sup>48</sup>, K. Ivshin<sup>34</sup>, R. Jacobsson<sup>43</sup>, J. Jalocha<sup>58</sup>, E. Jans<sup>28</sup>,  
 A. Jawahery<sup>61</sup>, F. Jiang<sup>3</sup>, M. John<sup>58</sup>, D. Johnson<sup>43</sup>, C.R. Jones<sup>50</sup>, C. Joram<sup>43</sup>, B. Jost<sup>43</sup>,  
 N. Jurik<sup>58</sup>, S. Kandybei<sup>46</sup>, M. Karacson<sup>43</sup>, J.M. Kariuki<sup>49</sup>, S. Karodia<sup>54</sup>, N. Kazeev<sup>38</sup>,  
 M. Kecke<sup>13</sup>, F. Keizer<sup>50</sup>, M. Kelsey<sup>62</sup>, M. Kenzie<sup>50</sup>, T. Ketel<sup>29</sup>, E. Khairullin<sup>38</sup>, B. Khanji<sup>43</sup>,  
 C. Khurewathanakul<sup>44</sup>, K.E. Kim<sup>62</sup>, T. Kirn<sup>10</sup>, S. Klaver<sup>19</sup>, K. Klimaszewski<sup>32</sup>, T. Klimkovich<sup>12</sup>,  
 S. Koliiev<sup>47</sup>, M. Kolpin<sup>13</sup>, R. Kopečna<sup>13</sup>, P. Koppenburg<sup>28</sup>, I. Kostiuik<sup>28</sup>, S. Kotriakhova<sup>34</sup>,  
 M. Kozeiha<sup>6</sup>, L. Kravchuk<sup>37</sup>, M. Kreps<sup>51</sup>, F. Kress<sup>56</sup>, P. Krokovny<sup>39,w</sup>, W. Krupa<sup>31</sup>,  
 W. Krzemien<sup>32</sup>, W. Kucewicz<sup>30,l</sup>, M. Kucharczyk<sup>30</sup>, V. Kudryavtsev<sup>39,w</sup>, A.K. Kuonen<sup>44</sup>,  
 T. Kvaratskheliya<sup>35,43</sup>, D. Lacarrere<sup>43</sup>, G. Lafferty<sup>57</sup>, A. Lai<sup>23</sup>, D. Lancierini<sup>45</sup>, G. Lanfranchi<sup>19</sup>,  
 C. Langenbruch<sup>10</sup>, T. Latham<sup>51</sup>, C. Lazzeroni<sup>48</sup>, R. Le Gac<sup>7</sup>, A. Leflat<sup>36</sup>, J. Lefrançois<sup>8</sup>,  
 R. Lefèvre<sup>6</sup>, F. Lemaître<sup>43</sup>, O. Leroy<sup>7</sup>, T. Lesiak<sup>30</sup>, B. Leverington<sup>13</sup>, P.-R. Li<sup>65</sup>, Y. Li<sup>4</sup>, Z. Li<sup>62</sup>,  
 X. Liang<sup>62</sup>, T. Likhomanenko<sup>72</sup>, R. Lindner<sup>43</sup>, F. Lionetto<sup>45</sup>, V. Lisovskyi<sup>8</sup>, G. Liu<sup>66</sup>, X. Liu<sup>3</sup>,  
 D. Loh<sup>51</sup>, A. Loi<sup>23</sup>, I. Longstaff<sup>54</sup>, J.H. Lopes<sup>2</sup>, G.H. Lovell<sup>50</sup>, D. Lucchesi<sup>24,o</sup>,  
 M. Lucio Martinez<sup>42</sup>, A. Lupato<sup>24</sup>, E. Luppi<sup>17,g</sup>, O. Lupton<sup>43</sup>, A. Lusiani<sup>25</sup>, X. Lyu<sup>65</sup>,  
 F. Machefert<sup>8</sup>, F. Maciuc<sup>33</sup>, V. Macko<sup>44</sup>, P. Mackowiak<sup>11</sup>, S. Maddrell-Mander<sup>49</sup>, O. Maev<sup>34,43</sup>,  
 K. Maguire<sup>57</sup>, D. Maisuzenko<sup>34</sup>, M.W. Majewski<sup>31</sup>, S. Malde<sup>58</sup>, B. Malecki<sup>30</sup>, A. Malinin<sup>72</sup>,  
 T. Maltsev<sup>39,w</sup>, G. Manca<sup>23,f</sup>, G. Mancinelli<sup>7</sup>, D. Marangotto<sup>22,q</sup>, J. Maratas<sup>6,v</sup>, J.F. Marchand<sup>5</sup>,  
 U. Marconi<sup>16</sup>, C. Marin Benito<sup>8</sup>, M. Marinangeli<sup>44</sup>, P. Marino<sup>44</sup>, J. Marks<sup>13</sup>, P.J. Marshall<sup>55</sup>,  
 G. Martellotti<sup>27</sup>, M. Martin<sup>7</sup>, M. Martinelli<sup>43</sup>, D. Martinez Santos<sup>42</sup>, F. Martinez Vidal<sup>75</sup>,  
 A. Massafferri<sup>1</sup>, M. Materok<sup>10</sup>, R. Matev<sup>43</sup>, A. Mathad<sup>51</sup>, Z. Mathe<sup>43</sup>, C. Matteuzzi<sup>21</sup>,  
 A. Mauri<sup>45</sup>, E. Maurice<sup>8,b</sup>, B. Maurin<sup>44</sup>, A. Mazurov<sup>48</sup>, M. McCann<sup>56,43</sup>, A. McNab<sup>57</sup>,  
 R. McNulty<sup>14</sup>, J.V. Mead<sup>55</sup>, B. Meadows<sup>60</sup>, C. Meaux<sup>7</sup>, N. Meinert<sup>70</sup>, D. Melnychuk<sup>32</sup>,  
 M. Merk<sup>28</sup>, A. Merli<sup>22,q</sup>, E. Michielin<sup>24</sup>, D.A. Milanes<sup>69</sup>, E. Millard<sup>51</sup>, M.-N. Minard<sup>5</sup>,  
 L. Minzoni<sup>17,g</sup>, D.S. Mitzel<sup>13</sup>, A. Mogini<sup>9</sup>, R.D. Moise<sup>56</sup>, T. Mombächer<sup>11</sup>, I.A. Monroy<sup>69</sup>,  
 S. Monteil<sup>6</sup>, M. Morandin<sup>24</sup>, G. Morello<sup>19</sup>, M.J. Morello<sup>25,t</sup>, O. Morgunova<sup>72</sup>, J. Moron<sup>31</sup>,  
 A.B. Morris<sup>7</sup>, R. Mountain<sup>62</sup>, F. Muheim<sup>53</sup>, M. Mulder<sup>28</sup>, C.H. Murphy<sup>58</sup>, D. Murray<sup>57</sup>,  
 A. Mödden<sup>11</sup>, D. Müller<sup>43</sup>, J. Müller<sup>11</sup>, K. Müller<sup>45</sup>, V. Müller<sup>11</sup>, P. Naik<sup>49</sup>, T. Nakada<sup>44</sup>,  
 R. Nandakumar<sup>52</sup>, A. Nandi<sup>58</sup>, T. Nanut<sup>44</sup>, I. Nasteva<sup>2</sup>, M. Needham<sup>53</sup>, N. Neri<sup>22</sup>, S. Neubert<sup>13</sup>,  
 N. Neufeld<sup>43</sup>, M. Neuner<sup>13</sup>, R. Newcombe<sup>56</sup>, T.D. Nguyen<sup>44</sup>, C. Nguyen-Mau<sup>44,n</sup>, S. Nieswand<sup>10</sup>,  
 R. Niet<sup>11</sup>, N. Nikitin<sup>36</sup>, A. Nogay<sup>72</sup>, N.S. Nolte<sup>43</sup>, D.P. O’Hanlon<sup>16</sup>, A. Oblakowska-Mucha<sup>31</sup>,  
 V. Obraztsov<sup>40</sup>, S. Ogilvy<sup>19</sup>, R. Oldeman<sup>23,f</sup>, C.J.G. Onderwater<sup>71</sup>, A. Ossowska<sup>30</sup>,  
 J.M. Otalora Goicochea<sup>2</sup>, P. Owen<sup>45</sup>, A. Oyanguren<sup>75</sup>, P.R. Pais<sup>44</sup>, T. Pajero<sup>25,t</sup>, A. Palano<sup>15</sup>,  
 M. Palutan<sup>19</sup>, G. Panshin<sup>74</sup>, A. Papanestis<sup>52</sup>, M. Pappagallo<sup>53</sup>, L.L. Pappalardo<sup>17,g</sup>, W. Parker<sup>61</sup>,  
 C. Parkes<sup>57,43</sup>, G. Passaleva<sup>18,43</sup>, A. Pastore<sup>15</sup>, M. Patel<sup>56</sup>, C. Patrignani<sup>16,e</sup>, A. Pearce<sup>43</sup>,  
 A. Pellegrino<sup>28</sup>, G. Penso<sup>27</sup>, M. Pepe Altarelli<sup>43</sup>, S. Perazzini<sup>43</sup>, D. Pereima<sup>35</sup>, P. Perret<sup>6</sup>,  
 L. Pescatore<sup>44</sup>, K. Petridis<sup>49</sup>, A. Petrolini<sup>20,h</sup>, A. Petrov<sup>72</sup>, S. Petrucci<sup>53</sup>, M. Petruzzio<sup>22,q</sup>,

B. Pietrzyk<sup>5</sup>, G. Pietrzyk<sup>44</sup>, M. Pikies<sup>30</sup>, M. Pili<sup>58</sup>, D. Pinci<sup>27</sup>, J. Pinzino<sup>43</sup>, F. Pisani<sup>43</sup>,  
A. Piucci<sup>13</sup>, V. Placinta<sup>33</sup>, S. Playfer<sup>53</sup>, J. Plews<sup>48</sup>, M. Plo Casasus<sup>42</sup>, F. Polci<sup>9</sup>, M. Poli Lener<sup>19</sup>,  
A. Poluektov<sup>51</sup>, N. Polukhina<sup>73,c</sup>, I. Polyakov<sup>62</sup>, E. Polycarpo<sup>2</sup>, G.J. Pomery<sup>49</sup>, S. Ponce<sup>43</sup>,  
A. Popov<sup>40</sup>, D. Popov<sup>48,12</sup>, S. Poslavskii<sup>40</sup>, C. Potterat<sup>2</sup>, E. Price<sup>49</sup>, J. Prisciandaro<sup>42</sup>,  
C. Prouve<sup>49</sup>, V. Pugatch<sup>47</sup>, A. Puig Navarro<sup>45</sup>, H. Pullen<sup>58</sup>, G. Punzi<sup>25,p</sup>, W. Qian<sup>65</sup>, J. Qin<sup>65</sup>,  
R. Quagliani<sup>9</sup>, B. Quintana<sup>6</sup>, B. Rachwal<sup>31</sup>, J.H. Rademacker<sup>49</sup>, M. Rama<sup>25</sup>, M. Ramos Pernas<sup>42</sup>,  
M.S. Rangel<sup>2</sup>, F. Ratnikov<sup>38,x</sup>, G. Raven<sup>29</sup>, M. Ravonel Salzgeber<sup>43</sup>, M. Reboud<sup>5</sup>, F. Redi<sup>44</sup>,  
S. Reichert<sup>11</sup>, A.C. dos Reis<sup>1</sup>, F. Reiss<sup>9</sup>, C. Remon Alepuz<sup>75</sup>, Z. Ren<sup>3</sup>, V. Renaudin<sup>8</sup>,  
S. Ricciardi<sup>52</sup>, S. Richards<sup>49</sup>, K. Rinnert<sup>55</sup>, P. Robbe<sup>8</sup>, A. Robert<sup>9</sup>, A.B. Rodrigues<sup>44</sup>,  
E. Rodrigues<sup>60</sup>, J.A. Rodriguez Lopez<sup>69</sup>, M. Roehrken<sup>43</sup>, S. Roiser<sup>43</sup>, A. Rollings<sup>58</sup>,  
V. Romanovskiy<sup>40</sup>, A. Romero Vidal<sup>42</sup>, M. Rotondo<sup>19</sup>, M.S. Rudolph<sup>62</sup>, T. Ruf<sup>43</sup>, J. Ruiz Vidal<sup>75</sup>,  
J.J. Saborido Silva<sup>42</sup>, N. Sagidova<sup>34</sup>, B. Saitta<sup>23,f</sup>, V. Salustino Guimaraes<sup>64</sup>, C. Sanchez Gras<sup>28</sup>,  
C. Sanchez Mayordomo<sup>75</sup>, B. Sanmartin Sedes<sup>42</sup>, R. Santacesaria<sup>27</sup>, C. Santamarina Rios<sup>42</sup>,  
M. Santimaria<sup>19,43</sup>, E. Santovetti<sup>26,j</sup>, G. Sarpis<sup>57</sup>, A. Sarti<sup>19,k</sup>, C. Satriano<sup>27,s</sup>, A. Satta<sup>26</sup>,  
M. Saur<sup>65</sup>, D. Savrina<sup>35,36</sup>, S. Schael<sup>10</sup>, M. Schellenberg<sup>11</sup>, M. Schiller<sup>54</sup>, H. Schindler<sup>43</sup>,  
M. Schmelling<sup>12</sup>, T. Schmelzer<sup>11</sup>, B. Schmidt<sup>43</sup>, O. Schneider<sup>44</sup>, A. Schopper<sup>43</sup>, H.F. Schreiner<sup>60</sup>,  
M. Schubiger<sup>44</sup>, M.H. Schune<sup>8</sup>, R. Schwemmer<sup>43</sup>, B. Sciascia<sup>19</sup>, A. Sciubba<sup>27,k</sup>, A. Semennikov<sup>35</sup>,  
E.S. Sepulveda<sup>9</sup>, A. Sergi<sup>48,43</sup>, N. Serra<sup>45</sup>, J. Serrano<sup>7</sup>, L. Sestini<sup>24</sup>, A. Seuthe<sup>11</sup>, P. Seyfert<sup>43</sup>,  
M. Shapkin<sup>40</sup>, Y. Shcheglov<sup>34,†</sup>, T. Shears<sup>55</sup>, L. Shekhtman<sup>39,w</sup>, V. Shevchenko<sup>72</sup>, E. Shmanin<sup>73</sup>,  
B.G. Siddi<sup>17</sup>, R. Silva Coutinho<sup>45</sup>, L. Silva de Oliveira<sup>2</sup>, G. Simi<sup>24,o</sup>, S. Simone<sup>15,d</sup>, I. Skiba<sup>17</sup>,  
N. Skidmore<sup>13</sup>, T. Skwarnicki<sup>62</sup>, M.W. Slater<sup>48</sup>, J.G. Smeaton<sup>50</sup>, E. Smith<sup>10</sup>, I.T. Smith<sup>53</sup>,  
M. Smith<sup>56</sup>, M. Soares<sup>16</sup>, I. Soares Lavra<sup>1</sup>, M.D. Sokoloff<sup>60</sup>, F.J.P. Soler<sup>54</sup>, B. Souza De Paula<sup>2</sup>,  
B. Spaan<sup>11</sup>, E. Spadaro Norella<sup>22,q</sup>, P. Spradlin<sup>54</sup>, F. Stagni<sup>43</sup>, M. Stahl<sup>13</sup>, S. Stahl<sup>43</sup>, P. Stefko<sup>44</sup>,  
S. Stefkova<sup>56</sup>, O. Steinkamp<sup>45</sup>, S. Stemmler<sup>13</sup>, O. Stenyakin<sup>40</sup>, M. Stepanova<sup>34</sup>, H. Stevens<sup>11</sup>,  
A. Stocchi<sup>8</sup>, S. Stone<sup>62</sup>, B. Storaci<sup>45</sup>, S. Stracka<sup>25</sup>, M.E. Stramaglia<sup>44</sup>, M. Straticiu<sup>33</sup>,  
U. Straumann<sup>45</sup>, S. Strokov<sup>74</sup>, J. Sun<sup>3</sup>, L. Sun<sup>67</sup>, K. Swientek<sup>31</sup>, A. Szabelski<sup>32</sup>, T. Szumlak<sup>31</sup>,  
M. Szymanski<sup>65</sup>, S. T'Jampens<sup>5</sup>, Z. Tang<sup>3</sup>, A. Tayduganov<sup>7</sup>, T. Tekampe<sup>11</sup>, G. Tellarini<sup>17</sup>,  
F. Teubert<sup>43</sup>, E. Thomas<sup>43</sup>, J. van Tilburg<sup>28</sup>, M.J. Tilley<sup>56</sup>, V. Tisserand<sup>6</sup>, M. Tobin<sup>31</sup>, S. Tol<sup>43</sup>,  
L. Tomassetti<sup>17,g</sup>, D. Tonelli<sup>25</sup>, D.Y. Tou<sup>9</sup>, R. Tourinho Jadallah Aoude<sup>1</sup>, E. Tournefier<sup>5</sup>,  
M. Traill<sup>54</sup>, M.T. Tran<sup>44</sup>, A. Trisovic<sup>50</sup>, A. Tsaregorodtsev<sup>7</sup>, G. Tuci<sup>25,p</sup>, A. Tully<sup>50</sup>,  
N. Tuning<sup>28,43</sup>, A. Ukleja<sup>32</sup>, A. Usachov<sup>8</sup>, A. Ustyuzhanin<sup>38</sup>, U. Uwer<sup>13</sup>, A. Vagner<sup>74</sup>,  
V. Vagnoni<sup>16</sup>, A. Valassi<sup>43</sup>, S. Valat<sup>43</sup>, G. Valenti<sup>16</sup>, R. Vazquez Gomez<sup>43</sup>, P. Vazquez Regueiro<sup>42</sup>,  
S. Vecchi<sup>17</sup>, M. van Veghel<sup>28</sup>, J.J. Velthuis<sup>49</sup>, M. Veltri<sup>18,r</sup>, G. Veneziano<sup>58</sup>, A. Venkateswaran<sup>62</sup>,  
M. Vernet<sup>6</sup>, M. Veronesi<sup>28</sup>, N.V. Veronika<sup>14</sup>, M. Vesterinen<sup>58</sup>, J.V. Viana Barbosa<sup>43</sup>, D. Vieira<sup>65</sup>,  
M. Vieites Diaz<sup>42</sup>, H. Viemann<sup>70</sup>, X. Vilasis-Cardona<sup>41,m</sup>, A. Vitkovskiy<sup>28</sup>, M. Vitti<sup>50</sup>,  
V. Volkov<sup>36</sup>, A. Vollhardt<sup>45</sup>, D. Vom Bruch<sup>9</sup>, B. Voneki<sup>43</sup>, A. Vorobyev<sup>34</sup>, V. Vorobyev<sup>39,w</sup>,  
J.A. de Vries<sup>28</sup>, C. Vázquez Sierra<sup>28</sup>, R. Waldi<sup>70</sup>, J. Walsh<sup>25</sup>, J. Wang<sup>4</sup>, M. Wang<sup>3</sup>, Y. Wang<sup>68</sup>,  
Z. Wang<sup>45</sup>, D.R. Ward<sup>50</sup>, H.M. Wark<sup>55</sup>, N.K. Watson<sup>48</sup>, D. Websdale<sup>56</sup>, A. Weiden<sup>45</sup>,  
C. Weisser<sup>59</sup>, M. Whitehead<sup>10</sup>, J. Wicht<sup>51</sup>, G. Wilkinson<sup>58</sup>, M. Wilkinson<sup>62</sup>, I. Williams<sup>50</sup>,  
M.R.J. Williams<sup>57</sup>, M. Williams<sup>59</sup>, T. Williams<sup>48</sup>, F.F. Wilson<sup>52</sup>, M. Winn<sup>8</sup>, W. Wislicki<sup>32</sup>,  
M. Witek<sup>30</sup>, G. Wormser<sup>8</sup>, S.A. Wotton<sup>50</sup>, K. Wyllie<sup>43</sup>, D. Xiao<sup>68</sup>, Y. Xie<sup>68</sup>, A. Xu<sup>3</sup>, M. Xu<sup>68</sup>,  
Q. Xu<sup>65</sup>, Z. Xu<sup>3</sup>, Z. Xu<sup>5</sup>, Z. Yang<sup>3</sup>, Z. Yang<sup>61</sup>, Y. Yao<sup>62</sup>, L.E. Yeomans<sup>55</sup>, H. Yin<sup>68</sup>, J. Yu<sup>68,aa</sup>,  
X. Yuan<sup>62</sup>, O. Yushchenko<sup>40</sup>, K.A. Zarebski<sup>48</sup>, M. Zavertyaev<sup>12,c</sup>, D. Zhang<sup>68</sup>, L. Zhang<sup>3</sup>,  
W.C. Zhang<sup>3,z</sup>, Y. Zhang<sup>8</sup>, A. Zhelezov<sup>13</sup>, Y. Zheng<sup>65</sup>, X. Zhu<sup>3</sup>, V. Zhukov<sup>10,36</sup>, J.B. Zonneveld<sup>53</sup>,  
S. Zucchelli<sup>16</sup>

<sup>1</sup> Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), Rio de Janeiro, Brazil

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brazil

<sup>3</sup> Center for High Energy Physics, Tsinghua University, Beijing, China

- <sup>4</sup> *Institute Of High Energy Physics (ihep), Beijing, China*
- <sup>5</sup> *Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, IN2P3-LAPP, Annecy, France*
- <sup>6</sup> *Clermont Université, Université Blaise Pascal, CNRS/IN2P3, LPC, Clermont-Ferrand, France*
- <sup>7</sup> *Aix Marseille Univ, CNRS/IN2P3, CPPM, Marseille, France*
- <sup>8</sup> *LAL, Univ. Paris-Sud, CNRS/IN2P3, Université Paris-Saclay, Orsay, France*
- <sup>9</sup> *LPNHE, Sorbonne Université, Paris Diderot Sorbonne Paris Cité, CNRS/IN2P3, Paris, France*
- <sup>10</sup> *I. Physikalisches Institut, RWTH Aachen University, Aachen, Germany*
- <sup>11</sup> *Fakultät Physik, Technische Universität Dortmund, Dortmund, Germany*
- <sup>12</sup> *Max-Planck-Institut für Kernphysik (MPIK), Heidelberg, Germany*
- <sup>13</sup> *Physikalisches Institut, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Heidelberg, Germany*
- <sup>14</sup> *School of Physics, University College Dublin, Dublin, Ireland*
- <sup>15</sup> *INFN Sezione di Bari, Bari, Italy*
- <sup>16</sup> *INFN Sezione di Bologna, Bologna, Italy*
- <sup>17</sup> *INFN Sezione di Ferrara, Ferrara, Italy*
- <sup>18</sup> *INFN Sezione di Firenze, Firenze, Italy*
- <sup>19</sup> *INFN Laboratori Nazionali di Frascati, Frascati, Italy*
- <sup>20</sup> *INFN Sezione di Genova, Genova, Italy*
- <sup>21</sup> *INFN Sezione di Milano-Bicocca, Milano, Italy*
- <sup>22</sup> *INFN Sezione di Milano, Milano, Italy*
- <sup>23</sup> *INFN Sezione di Cagliari, Monserrato, Italy*
- <sup>24</sup> *INFN Sezione di Padova, Padova, Italy*
- <sup>25</sup> *INFN Sezione di Pisa, Pisa, Italy*
- <sup>26</sup> *INFN Sezione di Roma Tor Vergata, Roma, Italy*
- <sup>27</sup> *INFN Sezione di Roma La Sapienza, Roma, Italy*
- <sup>28</sup> *Nikhef National Institute for Subatomic Physics, Amsterdam, Netherlands*
- <sup>29</sup> *Nikhef National Institute for Subatomic Physics and VU University Amsterdam, Amsterdam, Netherlands*
- <sup>30</sup> *Henryk Niewodniczanski Institute of Nuclear Physics Polish Academy of Sciences, Kraków, Poland*
- <sup>31</sup> *AGH — University of Science and Technology, Faculty of Physics and Applied Computer Science, Kraków, Poland*
- <sup>32</sup> *National Center for Nuclear Research (NCBJ), Warsaw, Poland*
- <sup>33</sup> *Horia Hulubei National Institute of Physics and Nuclear Engineering, Bucharest-Magurele, Romania*
- <sup>34</sup> *Petersburg Nuclear Physics Institute (PNPI), Gatchina, Russia*
- <sup>35</sup> *Institute of Theoretical and Experimental Physics (ITEP), Moscow, Russia*
- <sup>36</sup> *Institute of Nuclear Physics, Moscow State University (SINP MSU), Moscow, Russia*
- <sup>37</sup> *Institute for Nuclear Research of the Russian Academy of Sciences (INR RAS), Moscow, Russia*
- <sup>38</sup> *Yandex School of Data Analysis, Moscow, Russia*
- <sup>39</sup> *Budker Institute of Nuclear Physics (SB RAS), Novosibirsk, Russia*
- <sup>40</sup> *Institute for High Energy Physics (IHEP), Protvino, Russia*
- <sup>41</sup> *ICCUB, Universitat de Barcelona, Barcelona, Spain*
- <sup>42</sup> *Instituto Galego de Física de Altas Enerxías (IGFAE), Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Spain*
- <sup>43</sup> *European Organization for Nuclear Research (CERN), Geneva, Switzerland*
- <sup>44</sup> *Institute of Physics, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, Switzerland*
- <sup>45</sup> *Physik-Institut, Universität Zürich, Zürich, Switzerland*
- <sup>46</sup> *NSC Kharkiv Institute of Physics and Technology (NSC KIPT), Kharkiv, Ukraine*
- <sup>47</sup> *Institute for Nuclear Research of the National Academy of Sciences (KINR), Kyiv, Ukraine*
- <sup>48</sup> *University of Birmingham, Birmingham, United Kingdom*
- <sup>49</sup> *H.H. Wills Physics Laboratory, University of Bristol, Bristol, United Kingdom*
- <sup>50</sup> *Cavendish Laboratory, University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom*
- <sup>51</sup> *Department of Physics, University of Warwick, Coventry, United Kingdom*

- <sup>52</sup> STFC Rutherford Appleton Laboratory, Didcot, United Kingdom  
<sup>53</sup> School of Physics and Astronomy, University of Edinburgh, Edinburgh, United Kingdom  
<sup>54</sup> School of Physics and Astronomy, University of Glasgow, Glasgow, United Kingdom  
<sup>55</sup> Oliver Lodge Laboratory, University of Liverpool, Liverpool, United Kingdom  
<sup>56</sup> Imperial College London, London, United Kingdom  
<sup>57</sup> School of Physics and Astronomy, University of Manchester, Manchester, United Kingdom  
<sup>58</sup> Department of Physics, University of Oxford, Oxford, United Kingdom  
<sup>59</sup> Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, United States  
<sup>60</sup> University of Cincinnati, Cincinnati, OH, United States  
<sup>61</sup> University of Maryland, College Park, MD, United States  
<sup>62</sup> Syracuse University, Syracuse, NY, United States  
<sup>63</sup> Laboratory of Mathematical and Subatomic Physics, Constantine, Algeria, associated to<sup>2</sup>  
<sup>64</sup> Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Rio de Janeiro, Brazil, associated to<sup>2</sup>  
<sup>65</sup> University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, China, associated to<sup>3</sup>  
<sup>66</sup> South China Normal University, Guangzhou, China, associated to<sup>3</sup>  
<sup>67</sup> School of Physics and Technology, Wuhan University, Wuhan, China, associated to<sup>3</sup>  
<sup>68</sup> Institute of Particle Physics, Central China Normal University, Wuhan, Hubei, China, associated to<sup>3</sup>  
<sup>69</sup> Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Bogota, Colombia, associated to<sup>9</sup>  
<sup>70</sup> Institut für Physik, Universität Rostock, Rostock, Germany, associated to<sup>13</sup>  
<sup>71</sup> Van Swinderen Institute, University of Groningen, Groningen, Netherlands, associated to<sup>28</sup>  
<sup>72</sup> National Research Centre Kurchatov Institute, Moscow, Russia, associated to<sup>35</sup>  
<sup>73</sup> National University of Science and Technology “MISIS”, Moscow, Russia, associated to<sup>35</sup>  
<sup>74</sup> National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia, associated to<sup>35</sup>  
<sup>75</sup> Instituto de Física Corpuscular, Centro Mixto Universidad de Valencia — CSIC, Valencia, Spain, associated to<sup>41</sup>  
<sup>76</sup> University of Michigan, Ann Arbor, United States, associated to<sup>62</sup>  
<sup>77</sup> Los Alamos National Laboratory (LANL), Los Alamos, United States, associated to<sup>62</sup>
- <sup>a</sup> Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Uberaba-MG, Brazil  
<sup>b</sup> Laboratoire Leprince-Ringuet, Palaiseau, France  
<sup>c</sup> P.N. Lebedev Physical Institute, Russian Academy of Science (LPI RAS), Moscow, Russia  
<sup>d</sup> Università di Bari, Bari, Italy  
<sup>e</sup> Università di Bologna, Bologna, Italy  
<sup>f</sup> Università di Cagliari, Cagliari, Italy  
<sup>g</sup> Università di Ferrara, Ferrara, Italy  
<sup>h</sup> Università di Genova, Genova, Italy  
<sup>i</sup> Università di Milano Bicocca, Milano, Italy  
<sup>j</sup> Università di Roma Tor Vergata, Roma, Italy  
<sup>k</sup> Università di Roma La Sapienza, Roma, Italy  
<sup>l</sup> AGH — University of Science and Technology, Faculty of Computer Science, Electronics and Telecommunications, Kraków, Poland  
<sup>m</sup> LIFAELS, La Salle, Universitat Ramon Llull, Barcelona, Spain  
<sup>n</sup> Hanoi University of Science, Hanoi, Vietnam  
<sup>o</sup> Università di Padova, Padova, Italy  
<sup>p</sup> Università di Pisa, Pisa, Italy  
<sup>q</sup> Università degli Studi di Milano, Milano, Italy  
<sup>r</sup> Università di Urbino, Urbino, Italy  
<sup>s</sup> Università della Basilicata, Potenza, Italy  
<sup>t</sup> Scuola Normale Superiore, Pisa, Italy  
<sup>u</sup> Università di Modena e Reggio Emilia, Modena, Italy

<sup>v</sup> *MSU — Iligan Institute of Technology (MSU-IIT), Iligan, Philippines*

<sup>w</sup> *Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia*

<sup>x</sup> *National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia*

<sup>y</sup> *Sezione INFN di Trieste, Trieste, Italy*

<sup>z</sup> *School of Physics and Information Technology, Shaanxi Normal University (SNNU), Xi'an, China*

<sup>aa</sup> *Physics and Micro Electronic College, Hunan University, Changsha City, China*

<sup>†</sup> *Deceased*